

EST-600-5

Einbindung von BITZER ORBIT Scrollverdichtern in den Kältekreislauf

Deutsch 2

Integrating BITZER ORBIT scroll compressors into the refrigeration circuit

English..... 22

Интеграция спиральных компрессоров BITZER ORBIT в холодильный контур

Русский 42

GSD6

GSU6

GSP6

GSD8

GSU8

GED8

GSP8

PDF Download // 10.2025

Änderungen vorbehalten
Subject to change
Возможны изменения

BITZER Kühlmaschinenbau GmbH
Peter-Schaufler-Platz 1 // 71065 Sindelfingen // Germany
Tel +49 7031 932-0 // Fax +49 7031 932-147
bitzer@bitzer.de // www.bitzer.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Sicherheit	3
2.1	Bei brennbaren Kältemitteln beachten	4
2.1.1	Einsatz von brennbaren Kältemitteln der Sicherheitsklassen A2L und A3 (z. B. R1234yf oder R290)	4
2.1.2	Arbeiten an Anlagen mit A3-, A2L- und B2L-Kältemitteln	5
2.1.3	Anlagenlayout mit leicht entzündlichen Kältemitteln	5
2.1.4	Verdacht auf verbranntes Kältemittel im Anschlusskasten	5
2.1.5	Demontierte Bauteile aus Anlagen mit A3- oder A2L-Kältemitteln	5
2.1.6	Gebrauchtöl aus Anlagen mit A3- oder A2L-Kältemitteln	6
3	Anlagenausführung	6
3.1	Rohrführung und weitere Bauteile	6
3.2	Schwingungen und Schall	9
3.3	Schäden durch kritische Rohrlängen vermeiden	9
3.4	Besondere Hinweise für sicheren Verdichter- und Anlagenbetrieb	11
3.5	Abpumpschaltung	12
4	Tandem- und Trio-Betrieb	12
4.1	Prüfen des Ölstands	17
4.2	Ursachen für Ölverlust	19

1 Einleitung

BITZER ORBIT Scrollverdichter wurden speziell für Klimaanlage und Wärmepumpen entwickelt. Sie zeichnen sich durch hohe Effizienz, Laufruhe und Zuverlässigkeit aus. Für den typischen saisonalen Betrieb von Klimaanlage - v.a. in Teillast - wird besonderer Wert gelegt auf niedrigen Energieverbrauch auch bei reduzierten Verflüssigungstemperaturen. Die Konstruktion wurde auf niedrige Schallemissionen hin optimiert und erreicht einen der niedrigsten Werte in ihrer Klasse. Die Geometrie der Verdichter bezüglich Montageposition und -konfiguration ermöglicht einen einfachen Austausch. Außerdem können 2 .. 3 Verdichter im Parallelverbund installiert werden, um den Leistungsbereich zu erweitern und die Teillasteffizienz zu maximieren, z.B. mit der BITZER Advanced Header Technology (BAHT). Sie lassen sich mit variabler Drehzahl betreiben (z.B. mit externem Frequenzumrichter) und sind für A1, A2L und A3 Kältemittel geeignet (s. [*BITZER Software*](#)).

Für weitere Informationen zu den Kältemitteln: [*Kältemittelreport*](#)

Dieses Dokument gibt einen Überblick über Planung, Installation, Inbetriebnahme und Wartung von ORBIT Verdichtern in Einzel- und Verbundanlagen. Die Aussagen können jedoch nur allgemeiner Art sein - spezielle Anforderungen aufgrund verschiedener Kältemittel, Anlagenausführungen etc. müssen immer berücksichtigt werden. Für spezifische Informationen siehe BITZER SOFTWARE und die unten aufgeführten technischen Dokumente.

Zusätzlich folgende technische Dokumente beachten

- [*ESB-130*](#): Betriebsanleitung Hermetische Scrollverdichter ORBIT 6 und ORBIT 8
- [*EST-420*](#): Externe Frequenzumrichter bei BITZER Scrollverdichtern
- [*EST-500*](#): BITZER Kältemaschinenöle für Scrollverdichter, stationäre Anwendung (ORBIT, ESH)
- [*EST-610*](#): ECO-Betrieb für ORBIT Verdichter – Planung und Anlagenausführung
- [*AT-660*](#): Einsatz von R290 und R1270, A3-Kältemittel
- [*CT-120*](#): Verdichterschutzgeräte für BITZER Verdichter

2 Sicherheit

Autorisiertes Fachpersonal

Sämtliche Arbeiten an den Produkten und den Anlagen, in die sie eingebaut werden oder sind, dürfen nur von Fachpersonal ausgeführt werden, das in allen Arbeiten ausgebildet und unterwiesen wurde. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals gelten die jeweils landesüblichen Vorschriften und Richtlinien.

Restrisiken

Von den Produkten, dem elektronischen Zubehör und weiteren Bauteilen können unvermeidbare Restrisiken ausgehen. Jede Person, die daran arbeitet, muss deshalb dieses Dokument sorgfältig lesen! Es gelten zwingend

- die einschlägigen Sicherheitsvorschriften und Normen,
- die allgemein anerkannten Sicherheitsregeln,
- die EU-Richtlinien,
- nationale Vorschriften und Sicherheitsnormen.

Je nach Land kommen unterschiedliche Normen beim Einbau des Produkts zur Anwendung, beispielsweise: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL-Normen.

Persönliche Schutzausrüstung

Bei allen Arbeiten an Anlagen und deren Bauteilen: Arbeitsschutzschuhe, Schutzkleidung und Schutzbrille tragen. Zusätzlich Kälteschutzhandschuhe tragen bei Arbeiten am offenen Kältekreislauf und an Bauteilen, die Kältemittel enthalten können.



Abb. 1: Persönliche Schutzausrüstung tragen!

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweise sind Anweisungen, um Gefährdungen zu vermeiden. Sicherheitshinweise genauestens einhalten!



HINWEIS

Sicherheitshinweis um eine Situation zu vermeiden, die die Beschädigung eines Geräts oder dessen Ausrüstung zur Folge haben könnte.



VORSICHT

Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die eine geringfügige oder mäßige Verletzung zur Folge haben könnte.



WARNUNG

Sicherheitshinweis um eine potentiell gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge haben könnte.



GEFAHR

Sicherheitshinweis um eine unmittelbar gefährliche Situation zu vermeiden, die den Tod oder eine schwere Verletzung zur Folge hat.

Zusätzlich zu den in diesem Dokument aufgeführten Sicherheitshinweisen unbedingt auch die Hinweise und Restgefahren in den jeweiligen Betriebsanleitungen beachten!

2.1 Bei brennbaren Kältemitteln beachten

2.1.1 Einsatz von brennbaren Kältemitteln der Sicherheitsklassen A2L und A3 (z. B. R1234yf oder R290)

Die Angaben in diesem Kapitel zum Einsatz von Kältemitteln der Sicherheitsklasse A2L beziehen sich auf europäische Vorschriften und Richtlinien. In Regionen außerhalb der EU die dort geltenden länderspezifischen Vorschriften beachten.

Dieses Kapitel beschreibt die vom Produkt beim Einsatz von Kältemitteln der Sicherheitsklassen A3 und A2L ausgehenden zusätzlichen Restrisiken und gibt Erläuterungen dazu. Diese Informationen dienen dem Anlagenhersteller für die von ihm auszuführende Risikobewertung der Anlage, sie können in keiner Weise die Risikobewertung für die Anlage ersetzen. Weitere Hinweise zur Anlagenausführung siehe Technische Information [AT-660](#).

Bei der Ausführung, der Wartung und dem Betrieb von Kälteanlagen mit brennbaren Kältemitteln gelten besondere Sicherheitsbestimmungen.



Information

Bei Einsatz eines brennbaren Kältemittels:

Warnzeichen "Warnung vor feuergefährlichen Stoffen" (W021 nach ISO7010) gut sichtbar am Verdichter anbringen.

2.1.2 Arbeiten an Anlagen mit A3-, A2L- und B2L-Kältemitteln

Wenn der Kältekreislauf geöffnet werden soll:



GEFAHR

Explosionsgefahr!
Rohre nicht löten!

- ▶ Rohrverschraubungen lösen oder Rohre aufschneiden.
- ▶ Funkenbildung vermeiden.

2.1.3 Anlagenlayout mit leicht entzündlichen Kältemitteln

Elektrische Schalter, die einen Zündfunken erzeugen können, dürfen nicht in räumlicher Nähe von Bauteilen montiert werden, aus denen Kältemittel austreten kann. Das bedeutet beispielsweise:

- ▶ Hoch- und Niederdruckschalter außerhalb des Schaltschranks montieren.

2.1.4 Verdacht auf verbranntes Kältemittel im Anschlusskasten

Die Verbrennung von Kältemittel im Anschlusskasten kann nur bei gleichzeitigem Auftreten mehrerer sehr seltener Fehler geschehen. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist als äußerst gering einzuschätzen. Bei der Verbrennung von fluorhaltigen Kältemitteln können lebensgefährliche Mengen an giftigen Gasen freigesetzt werden.



GEFAHR

Lebensgefährliche Abgase und Verbrennungsrückstände!
Maschinenraum mindestens 2 Stunden lang gut ventilieren.
Verbrennungsprodukte keinesfalls einatmen!
Mit säurefesten Handschuhen arbeiten.



Bei Verdacht auf verbranntes Kältemittel im Anschlusskasten:

- ▶ Aufstellort nicht betreten und mindestens 2 Stunden gut ventilieren.
- ▶ Verbrennungsprodukte keinesfalls einatmen.
- ▶ Aufstellort erst betreten, wenn die Verbrennungsgase vollständig abgezogen sind. Die möglicherweise giftige und korrosive Abluft muss ins Freie geleitet werden.
- ▶ Geeignete säurefeste Handschuhe tragen.
- ▶ Feuchte Rückstände nicht berühren sondern trocknen lassen, da sie gelöste giftige Stoffe enthalten können.
- ▶ Betroffene Teile durch ausgebildetes Fachpersonal reinigen lassen.
- ▶ Korrodierte Bauteile entfernen und fachgerecht entsorgen.

2.1.5 Demontierte Bauteile aus Anlagen mit A3- oder A2L-Kältemitteln

Aus Anlagenbauteilen gast nach der Demontage noch Kältemittel aus, das abbrennen oder mit der Umgebungsluft ein zündfähiges Gemisch bilden kann. Dies bei der Bewertung des Risikos für den Eingriff in die Anlage berücksichtigen und entsprechende Betriebsmittel bereit halten. Das kann beispielsweise bedeuten:

- ▶ LeitungsfILTER absaugen und mit reinem Stickstoff spülen.
- ▶ Rohrleitungen vollständig von Öl befreien und mit reinem Stickstoff spülen.
- ▶ Ölhaltige Lappen in feuerfesten Gefäßen entsorgen.
- ▶ Absperrbare Anlagenbauteile evakuieren, mit reinem Stickstoff füllen und dann absperren. Dies gilt auch für einen demontierten Verdichter.

- Demontierte Bauteile in jedem Fall mit dem Warnzeichen "feuergefährlicher Stoff" W021 aus ISO7010 kennzeichnen.

2.1.6 Gebrauchtöl aus Anlagen mit A3- oder A2L-Kältemitteln



HINWEIS

Brandgefahr!

Das Gebrauchtöl enthält relativ viel gelöstes Kältemittel.

Gebrauchtöl sicher verpacken. Umweltgerecht entsorgen.

Kohlenwasserstoffe, beispielsweise Propan, R290 oder Propen, R1270 und niedrig-fluorierte brennbare Kältemittel, beispielsweise R1234yf lösen sich bei Raumtemperatur gut im Kältemaschinenöl. Das betrifft ebenso Kältemittelgemische, die diese Substanzen enthalten.

Gebrauchtöl aus solchen Anlagen kann auch bei Atmosphärendruck noch relativ hohe Anteile gelöster brennbarer Gase enthalten. Diese Anteile gasen aus.

Bei Lagerung und Transport beachten:

- Gebrauchtöl in druckfeste Behälter einfüllen.
- Behälter mit Stickstoff als Schutzgas befüllen und verschließen.
- Behälter kennzeichnen, z. B. mit dem Warnzeichen "feuergefährlicher Stoff" W021 aus ISO7010.

3 Anlagenausführung

3.1 Rohrführung und weitere Bauteile

Rohrführung



HINWEIS

Gefahr von Verdichterausfall durch Flüssigkeitsschläge!

Bevor größere Ölmengen nachgefüllt werden: Ölrückführung prüfen!

Die Rohre und die Anlagenausführung müssen so gestaltet sein, dass der Verdichter nicht von der Saug- oder Druckgasseite mit Öl oder flüssigem Kältemittel geflutet werden kann. Dies muss sichergestellt werden bei

- Stillstand,
- Anlauf,
- 4-Wege-Ventilschaltung oder Abtauzyklen.

Es empfehlen sich die folgenden Maßnahmen:

- Verdichter oberhalb des Verdampfers montieren oder die Sauggasleitung nach dem Verdampfer überhöhen (Abb. unten).
- Verdichter nicht im kältesten Teil der Anlage montieren und falls notwendig mit einer Wärmedämmung ausstatten.
- Ölheizung einsetzen und ggf. mit einer einmaligen Abpumpschaltung kombinieren (*Abpumpschaltung*).
- In reversiblen Anlagen und bei Wärmepumpen mit Abtauzyklen bei Bedarf einen Flüssigkeitsabscheider vorsehen.
- Für einen ausreichenden Ölrückfluss zum Verdichter sorgen, v.a. bei Minimallast (z.B. Betrieb mit Frequenzumrichter bei 35 Hz).

Für zusätzliche Sicherheit sorgt ein Magnetventil, das direkt vor dem Expansionsventil angebracht ist.



HINWEIS

Gefahr von Verdichterschäden durch unzureichende Ölrückführung!

Der Betreiber ist verantwortlich für ausreichende Ölfüllung und Ölrücklauf der Anlage bei allen Drehzahlen und Betriebsbedingungen.

Druckgasleitung

Die Rohre sollten mit Gefälle vom Verdichter weg führen, um zu verhindern, dass flüssiges Kältemittel (durch mögliche Rückkondensation) oder Öl in die Druckkammer des Verdichters gelangt. Größere Flüssigkeitsansammlungen erzeugen extrem hohe Druckspitzen beim Anlauf, was zu Verdichterschäden und Rohrbrüchen führen kann.

Weitere Informationen sind auf Anfrage bei BITZER erhältlich.

Aufgrund von Druckpulsationen können Schwingungen in der Druckgasleitung auftreten. Kritische Leitungslängen, deren Eigenfrequenzen in Resonanz mit den Verdichterpulsationen stehen, müssen vermieden werden. Für weitere Details: *Schwingungen und Schall*.

Sauggasleitung

Um eine kontinuierliche Ölzirkulation in der Anlage zu gewährleisten und den Verdichter vor einer Überflutung mit Kältemittel zu schützen, sind die oben beschriebenen Maßnahmen sowie die in der folgenden Abbildung gezeigten Varianten der Sauggasleitung zu berücksichtigen.

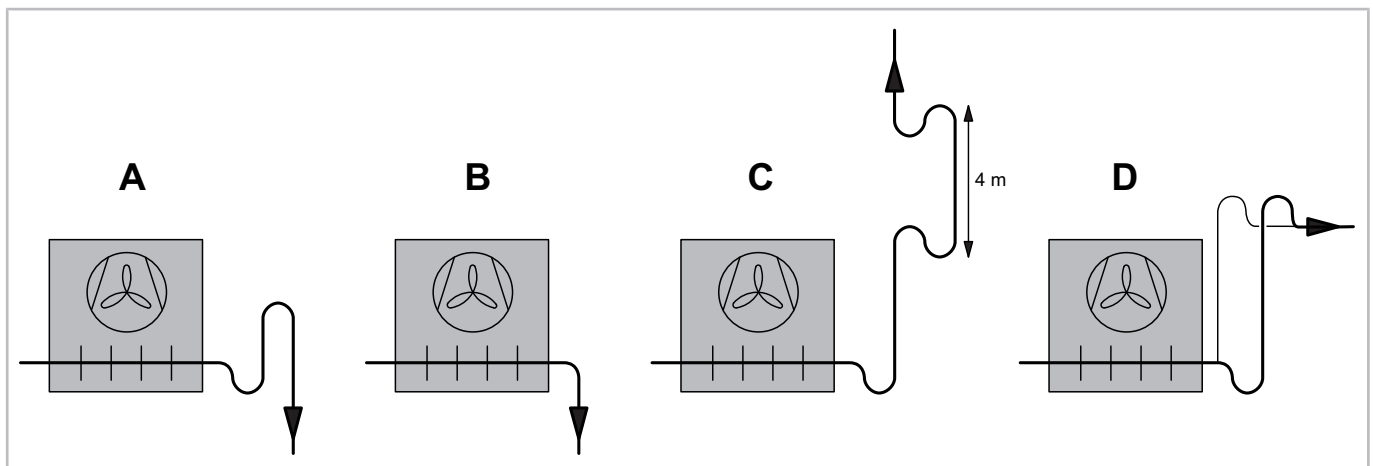


Abb. 2: Beispiele für die Führung der Sauggasleitung.

A: Leitungsüberhöhung (Schwanenhals)

B: Nach unten führende Sauggasleitung – einmalige Abpumpschaltung oder spezielle Verdampferkonstruktion nötig

C: Steigleitung

D: geteilte Steigleitung für Teillast bzw. Anlagen mit Leistungsregelung (z.B. Verbundbetrieb oder Betrieb mit externem Frequenzumrichter)

Ölheizung

Die Ölheizung gewährleistet die Schmierfähigkeit des Öls auch nach langen Stillstandszeiten. Sie verhindert eine erhöhte Kältemittelkonzentration im Öl und damit eine verringerte Viskosität. Die Ölheizung sollte bei Stillstand des Verdichters und mindestens 12 h vor dem ersten Verdichteranlauf in Betrieb genommen werden. In den folgenden Fällen ist sie unbedingt erforderlich:

- Außenaufstellung des Verdichters
- Anlagen mit Kreislaufumkehrung (z.B. Heißgasabtauung)
- falls der Verdichter kälter werden kann als andere Teile der Anlage
- verzweigtes Rohrnetz (z.B. Splitanlagen)
- lange Abschaltzeiten

- große Kältemittelfüllung im Vergleich zum Anlagenvolumen
- mögliche Kondensation des Kältemittels im Verdichter

Für weitere Informationen zur Ölheizung:

- ESB-130: Betriebsanleitung Hermetische Scrollverdichter ORBIT 6 und ORBIT 8

Filtertrockner

Die Polyvinyletheröle (PVE) in ORBIT Verdichtern sind stark hygroskopisch, d.h. sie entziehen der Umgebungsluft Wasser.



HINWEIS

Verdichterschaden möglich!

Im Hinblick auf hohen Trocknungsgrad und zur chemischen Stabilisierung des Kreislaufs, reichlich dimensionierte Filtertrockner geeigneter Qualität verwenden (Molekularsiebe mit speziell angepasster Porengröße).

Für Anlagen mit größerer Leistung und mehreren Verdichtern gelten auswechselbare Filtertrockner im Allgemeinen als beste Option. Für weitere Informationen zu BITZER Ölen:

- EST-500: BITZER Kältemaschinenöle für Scrollverdichter, stationäre Anwendung (ORBIT, ESH)

Saugseitige Reinigungsfilter

Ein saugseitiger Reinigungsfilter (Filterfeinheit 25 µm) schützt den Verdichter vor Schäden durch Schmutz aus der Anlage und wird für individuell gebaute Anlagen mit weit verzweigtem Rohrnetz dringend empfohlen. Er sollte für einen Austausch zugänglich sein. Die Verwendung von Ansaugfiltern ist aber kein Ersatz für eine ordnungsgemäße Rohrverarbeitung und Sauberkeit beim Löten und Aufbau!

Expansionsventil und Verdampfer

Expansionsventil und Verdampfer müssen mit äußerster Sorgfalt eingestellt werden, v.a. bei Anlagen mit einem großen Regelbereich. Ausreichende Sauggasüberhitzung und stabile Betriebsbedingungen bei Voll- und Teillast (z.B. bei Tandems, Trios oder Betrieb mit Frequenzumrichter) müssen in jedem Fall gewährleistet sein.

Nach dem Umschalten von Teil- auf Volllast kann es zu Flüssigkeitsansammlungen kommen. Deshalb muss der Verdampfer so dimensioniert werden, dass auch bei Teillast kein Öl in ihm eingeschlossen wird. Je nach Bauart und Leistung des Verdampfers können mehrere Kreisläufe mit jeweils eigenem Expansions- und Magnetventil bzw. dicht schließendem elektronischen Expansionsventil nötig sein.

Rückschlagventil

ORBIT Scrollverdichter sind mit einem internen Rückschlagventil ausgestattet. Das Ventil soll eine übermäßige Leckrate des Gases auf der Hochdruckseite in den Verdichter verhindern, wenn dieser ausgeschaltet ist. Niedrige Druckdifferenzen können über einen längeren Zeitraum zu Leckraten führen. Ein externes Rückschlagventil wird für das Abpumpen und in Anwendungen mit langen Stillstandszeiten und reversiblen Anlagen empfohlen, bei denen eine mögliche Kältemittelverlagerung auftreten kann.

Betrieb mit elektronischem Softstarter oder externem Frequenzumrichter

Der Softstarter verringert den Anlaufstrom am Motor, indem er die Motorspannung nach vorgegebenen Funktionen bis zum Nennwert erhöht. Ein Frequenzumrichter ermöglicht die stufenlose Anpassung der Kälteleistung an den Kältebedarf der Anlage durch Drehzahlregelung. Nicht alle Verdichterschutzgeräte sind für den Betrieb mit Softstarter oder Frequenzumrichter geeignet.

Für weitere Informationen siehe:

- AT-330: Anlaufverfahren bei BITZER Verdichtern
- EST-420: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Scrollverdichtern

- CT-120: Verdichterschutzgeräte für BITZER Verdichter

Betrieb von Verdichtern mit elektronischem Softstarter oder externem Frequenzumrichter nur in Rücksprache mit BITZER.

3.2 Schwingungen und Schall



HINWEIS

Schwingungsbrüche möglich!
Jede einzelne Rohrleitung gut befestigen.
Schwingungsverhalten im Betrieb prüfen!

Schwingungen des Verdichters und Druckpulsationen sind üblicherweise sehr gering. Sie können jedoch Resonanzfrequenzen in Rohren und Wärmeübertragern hervorrufen (d.h. die Eigenfrequenz der Anlage treffen), die zu Schall, Vibrationen und möglicherweise zu Rohrleitungsermüdung und Undichtigkeit führen. Mögliche Quellen von Vibrationen sind:

- Druckpulsationen in der Druckgasleitung
- Drehmomentschwankungen, die auf die Verdichterbefestigung oder die Flanschverbindungen der Leitungen wirken
- Resonanzen in der Economiser-Leitung

Die Schwingungen können zu Schallemissionen führen, die sich bei ungünstiger Rohrführung über die Saug- und Druckgasleitung auf das Gehäuse oder Bauteile übertragen können. Zusätzlich können Dreh- und Kippbewegungen bei Anlauf und Betrieb auftreten. Deshalb müssen die Rohre ausreichend flexibel und an den Befestigungspunkten schwingungsgedämmt sein.

Kritische Rohrlängen, deren Eigenfrequenzen in Resonanz mit den Verdichterschwingungen stehen, müssen vermieden werden ($\pm 15\%$ der kritischen Rohrlänge). Bei der Berechnung müssen mindestens die Betriebsbedingungen, das Kältemittel (Schallgeschwindigkeit) und die Frequenz des Verdichters berücksichtigt werden: Die Grundfrequenz von ORBIT Verdichtern liegt bei ca. 48 Hz (50 Hz-Netz) bzw. 58 Hz (60 Hz-Netz). Frequenzen höherer Ordnungen (96 / 192 Hz oder 116 / 232 Hz) sollten bei der endgültigen Rohrführung ebenfalls überprüft werden.

Die gesamte Anlage, v.a. die Rohrleitungen und Kapillarrohre, sind auf abnormale Schwingungen zu prüfen. Die Rohrleitungen müssen so flexibel sein, dass beim Ein- und Ausschalten des Verdichters keine Spannungen an den Rohrverbindungen herrschen. Wenn nötig, zusätzliche Sicherungsmaßnahmen treffen. Für Vibrationen beim Betrieb mit externem Frequenzumrichter:

- EST-420: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Scrollverdichtern

Daten aus Schallmessungen für jeden Verdichter werden in der BITZER SOFTWARE, Registerkarte "Technische Daten" bereitgestellt, oder auch hier:

- AT-340: Schalldaten für BITZER Verdichter

3.3 Schäden durch kritische Rohrlängen vermeiden

Verdrängungsverdichter fördern das Kältemittel nicht vollkommen stetig: Hochdruck und Niederdruck sind von Pulsationen überlagert. Die Pulsationen breiten sich in den Rohrleitungen mit der Schallgeschwindigkeit des Kältemitteldampfes aus und können an 90°-Rohrbögen, geschlossenen Enden oder Ventilen reflektiert werden. Bei ungünstig gewählten geraden Rohrlängen bis zum Reflexions-Ort entstehen Resonanzen und stehende Wellen. Diese können zu sehr hohen Druckspitzen, großen Kräften auf die Rohrleitung und starken Temperaturerhöhungen führen. Rohrbrüche durch diese Effekte sind möglich.

Um Rohrbrüche zu vermeiden, sollte man kritische Rohrlängen berechnen und dann in der Anlage als gerade Rohrleitungsstücke vermeiden, besonders in der Druckgasleitung und Economiser-Leitung. Auch die halbe Rohrlänge sollte vermieden werden: sie entspricht der Harmonischen mit der doppelten Frequenz.

Zur Berechnung benötigt man:

- Die Schallgeschwindigkeit im Kältemitteldampf bei den jeweiligen Anlagendrücken und -temperaturen. Sie kann mithilfe von Kältemittel-Stoffdatenprogrammen wie ASEREP von Asercom oder RefProp von NIST bestimmt werden.
- Die Frequenz der Pulsationen. Sie ist abhängig von der Verdichterkonstruktion und der Frequenz der Antriebsspannung, also bei Frequenzumrichtern variabel.

Für BITZER Verdichter gilt dabei:

Bauart	Drehzahl	Pulsation	
Halbhermetische Hubkolbenverdichter	$n \approx 0,5 \times f$	$f_p = n \times z$	4-polige Motoren, z: Zahl der Zylinder
Schraubenverdichter	$n \approx f$	$f_p = n \times z$	2-polige Motoren, z: Zahl der Profilstege
Scrollverdichter	$n \approx f$	$f_p = n$	2-polige Motoren, je ein Ausschub

Tab. 1: Verdichter für stationäre Anwendungen von BITZER

n: Drehzahl des Verdichtermotors in Hz

f: Frequenz der Antriebsspannung in Hz

z: Anzahl der Zylinder bzw. Profilstege (5 oder 4 Profilstege)

f_p : Frequenz der Pulsation in Hz

Die kritischen Rohrlängen lassen sich dann folgendermaßen berechnen:

$$L_{kr} = \frac{c}{2 f_p}$$

Abb. 3: L_{kr} : kritische Rohrlänge in m

c: Schallgeschwindigkeit in m/s

Beispiel für **Schraubenverdichter** mit Frequenzumrichter:

$z = 5$; $f = 20 \dots 60$ Hz; $f_p = 100 \dots 300$ (600) Hz

$t_c = 60^\circ\text{C}$, $t_{v2} = 100^\circ\text{C}$, R1234yf

$L_{kr} = 0,72 \dots 0,24$ (0,12) m

Beispiel für **4-Zylinder-Hubkolbenverdichter** mit Frequenzumrichter:

$z = 4$; $f = 25 \dots 70$ Hz; $f_p = 100 \dots 280$ (560) Hz

$t_c = 50^\circ\text{C}$, $t_{v2} = 90^\circ\text{C}$, R290

$L_{kr} = 2,39 \dots 0,85$ (0,43) m

Beispiel für **Scrollverdichter** mit Frequenzumrichter:

$z = 1$; $f = 35 \dots 75$ Hz; $f_p = 35 \dots 75$ (150) Hz

$t_c = 70^\circ\text{C}$, $t_{v2} = 125^\circ\text{C}$, R290

$L_{kr} = 3,5 \dots 1,6$ (0,8) m

Um die berechneten Werte für die kritische Rohrlänge sollte ein Bereich $\pm 15\%$ ebenfalls nicht benutzt werden, um Unsicherheiten z.B. bei der Bestimmung von Temperatur und Druck und den Schlupf des Asynchronmotors abzudecken. In den obigen Beispielen entspricht die eingeklammerte Zahl der Harmonischen mit doppelter Frequenz. Lassen sich bestimmte Rohrlängen nicht vermeiden, kann umgekehrt ausgerechnet werden, welche Frequenzbereiche ausgeblendet werden müssen.

Die Reflexion lässt sich weitgehend unterdrücken durch

- den Einsatz von zwei 45° -Bögen anstelle eines 90° -Bogens,

- gebogenen Rohren mit großem Biegeradius mit >24 mal dem Rohrdurchmesser und
- Zusammenführungen mit 45°.

Gut abgestimmte Pulsationsdämpfer in den Leitungen für Druckgas und Economiser-Anschluss können die Pulsationen häufig ausreichend dämpfen.

3.4 Besondere Hinweise für sicheren Verdichter- und Anlagenbetrieb

Analysen belegen, dass Verdichterausfälle meist auf unzulässige Betriebsart zurückzuführen sind. Dies gilt insbesondere für Schäden aufgrund von Ölmangel:

- Funktion des Expansionsventils – Hinweise des Herstellers beachten!
 - Temperaturfühler an der Sauggasleitung korrekt positionieren und befestigen.
 - Wenn ein innerer Wärmeübertrager eingesetzt wird: Fühler des Verdampfer-Expansionsventils vor dem inneren Wärmeübertrager positionieren.
 - Den Fühler nach Möglichkeit dämmen, damit er die Saugleitungstemperatur misst und nicht die Umgebungstemperatur.
 - Für ausreichende Sauggasüberhitzung gemäß BITZER SOFTWARE und deren Anwendungshinweisen sorgen.

Die Einstellung einer **hohen** Sauggasüberhitzung am Expansionsventil führt evtl. zu hohen Druckgastemperaturen, reduzierter Kälteleistung und schlechter Ölrückführung.

Eine **geringe** Sauggasüberhitzung kann zu Flüssigkeitsschlägen und zum Auswaschen der Verdichterlager führen.

- Bei Einsatz von elektronischen Expansionsventilen wird die Aktivierung der MOP-Funktion ("maximum operating pressure", maximal zulässiger Druck) dringend empfohlen, um eine Überlastung des Verdichters zu vermeiden. MOP-Wert auf den maximal zulässigen Verdampfungsdruck entsprechend den Sättigungstemperaturen der Anwendungsgrenzen des Verdichters einstellen. Auch einige thermostatische Expansionsventile bieten eine MOP-Funktion.
- Für stabile Betriebsart bei allen Betriebs- und Lastzuständen sorgen (auch Teillast, Sommer-/Winterbetrieb, minimale Drehzahl bei Betrieb mit Frequenzumrichter).
- Blasenfreie Flüssigkeit am Eintritt des Expansionsventils. Blasen können die Düse des Expansionsventils durch Kavitationskräfte zerstören und die Kälteleistung verringern.
- Kältemittelverlagerung (von der Hoch- zur Niederdruckseite oder in den Verdichter) bei langen Stillstandszeiten vermeiden!
 - Magnetventil in die Flüssigkeitsleitung einbauen.
 - Eine automatische Abpumpschaltung (Abpumpschaltung) wird vor jedem Abschalt- oder Ausschalt-Zyklus empfohlen (v.a. wenn der Verdampfer wärmer werden kann als die Sauggasleitung oder der Verdichter), solange die Drücke innerhalb der Einsatzgrenzen sind.
 - Ausreichend dimensionierten Flüssigkeitsabscheider installieren, um beim Verdichteranlauf Flüssigkeitsschläge durch Flüssigkeitsrückfluss zu vermeiden.
 - Niederdruckbegrenzung beachten.
 - Automatische Sequenzumschaltung bei Anlagen mit mehreren Kältemittelkreisläufen.
 - Eine Ölheizung wird generell empfohlen und sollte während des Stillstands und mindestens 12 h vor dem ersten Verdichteranlauf eingeschaltet werden. Für weitere Details: Rohrführung und weitere Bauteile



HINWEIS

Bei der Einstellung des Abpumpdrucks den Gefrierpunkt des Kühlmediums berücksichtigen.

- Bei Kreislaufumkehrung:
 - Verdichter zunächst ausschalten.
 - Kreislauf umkehren durch Umschalten der nötigen Anlagenkomponenten.
 - 30 s warten.
 - Anschließend Verdichter wieder einschalten.

3.5 Abpumpschaltung

Bei einigen Anlagen wie Wärmepumpen kann eine einmalige Abpumpschaltung (auch "pump out" genannt) eingesetzt werden. Das Prinzip ist das gleiche wie bei einer automatischen Abpumpschaltung (auch "pump down" genannt): Kältemittel auf der Verdampferseite absaugen und Verdichter über den Niederdruckschalter abschalten. Ein zusätzliches Hilfsschütz sorgt jedoch dafür, dass nach einer einmaligen Kältemittelabsaugung und Verdichterabschaltung keine weiteren Pumpvorgänge möglich sind. Nur auf Anforderung des Raumthermostats oder nach Abschluss eines Abtauzyklus kann wieder eingeschaltet werden.

- Automatische Abpumpschaltung: wiederholtes Absaugen von Kältemittel
- Einmalige Abpumpschaltung: einmaliges Absaugen von Kältemittel

Unabhängig von der Anlage ist es wichtig, die Mindestdruckeinstellungen zu beachten und den Betrieb im Vakuum zu vermeiden.

Für Wasser als Kühlmedium sind Mindestdruckgrenzen zu beachten, die sich auf eine Sättigungstemperatur des Kältemittels von $>0^{\circ}\text{C}$ beziehen, um eine Beschädigung des Wärmeübertragers zu vermeiden.

- Für die Niederdruckeinstellung ist der Mindestdruck zu berücksichtigen, der sich auf die niedrigste Verdampfungstemperatur der Einsatzgrenzen bezieht (alle Druckwerte sind Überdruck):
 - 2,1 bar(g) für R454B und R452B
 - 2,4 bar(g) für R410A und R32
 - 0,6 bar(g) für R290
- Um unnötige Niederdruckabschaltungen zu vermeiden, kann ein zweiter, niedrigerer Wert eingestellt werden, der nicht unter 1,0 bar (bzw. 0,1 bar für R290) fallen darf.

Zusätzlich ist der Betrieb in diesem Bereich von 2,1 .. 1,0 bar (R454B und R452B) bzw. 2,4 .. 1,0 bar (R410A und R32) bzw. 0,6 .. 0,1 bar (R290) begrenzt auf max. 60 s beim Anlauf. Weitere Hinweise sind auf Anfrage bei BITZER erhältlich.

Für das Abpumpen wird die Verwendung eines externen Rückschlagventils empfohlen.

4 Tandem- und Trio-Betrieb

ORBIT Verdichter sind besonders geeignet für Parallelbetrieb (Tandems und Trios). Für den Ölausgleich in diesen Verbundanlagen hat BITZER die BITZER Advanced Header Technology (BAHT) entwickelt. Die BAHT-Kollektoren reduzieren Druckverlustschwankungen im Kältemittelkreislauf und deren Auswirkungen auf den Ölausgleich zwischen den Verdichtern. Dieser bleibt unabhängig von der Betriebsreihenfolge erhalten, solange die Ölmenge in der Anlage für Tandems bzw. Trios ausreicht.

Weitere Vorteile der Verbundanlagen:

- Leistungserweiterung gegenüber Einzelverdichtern
- viele mögliche Verdichterkombinationen für Leistungen in Voll- und Teillast sowie Effizienzoptimierung
- optimale Leistungsanpassung bei geringer Leistungsaufnahme im Teillastbereich (Kombination gleicher oder unterschiedlicher Verdichtergrößen, evtl. mit externem Frequenzumrichter, siehe Technische Information [EST-420](#))
- optimale Ölverteilung

- geringe Belastung der elektrischen Versorgung beim Anlauf
- hohe Betriebssicherheit
- einfache und kostengünstige Installation

Für weitere Informationen siehe die BITZER SOFTWARE sowie:

- ESP-130: Prospekt Hermetische Scrollverdichter ORBIT, ORBIT+, ORBIT FIT
- EST-420: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Scrollverdichtern

Es gibt viele mögliche Tandems und Trios mit BAHT, die folgenden Abbildungen zeigen einige Beispiele. Maßzeichnungen und weitere Informationen sind auf Anfrage bei BITZER erhältlich.

In jedem Tandem oder Trio ist ein Verdichter der **Primärverdichter**. Dies sollte jeweils der Verdichter mit dem geringsten Fördervolumen im Tandem sein, da er als erster Öl vom BAHT-Kollektor erhält:

- Bei einem **senkrechten BAHT-Kollektor** (ORBIT 6 Tandem und Trio, gemischtes Tandem) ist der Primärverdichter derjenige, der an den unteren Teil des BAHT angeschlossen ist.
- Bei einem **waagrechten BAHT-Kollektor** (ORBIT 8 Tandem) ist der Primärverdichter derjenige, der nah am geschlossenen Ende angeschlossen ist.

ORBIT 6 Tandem

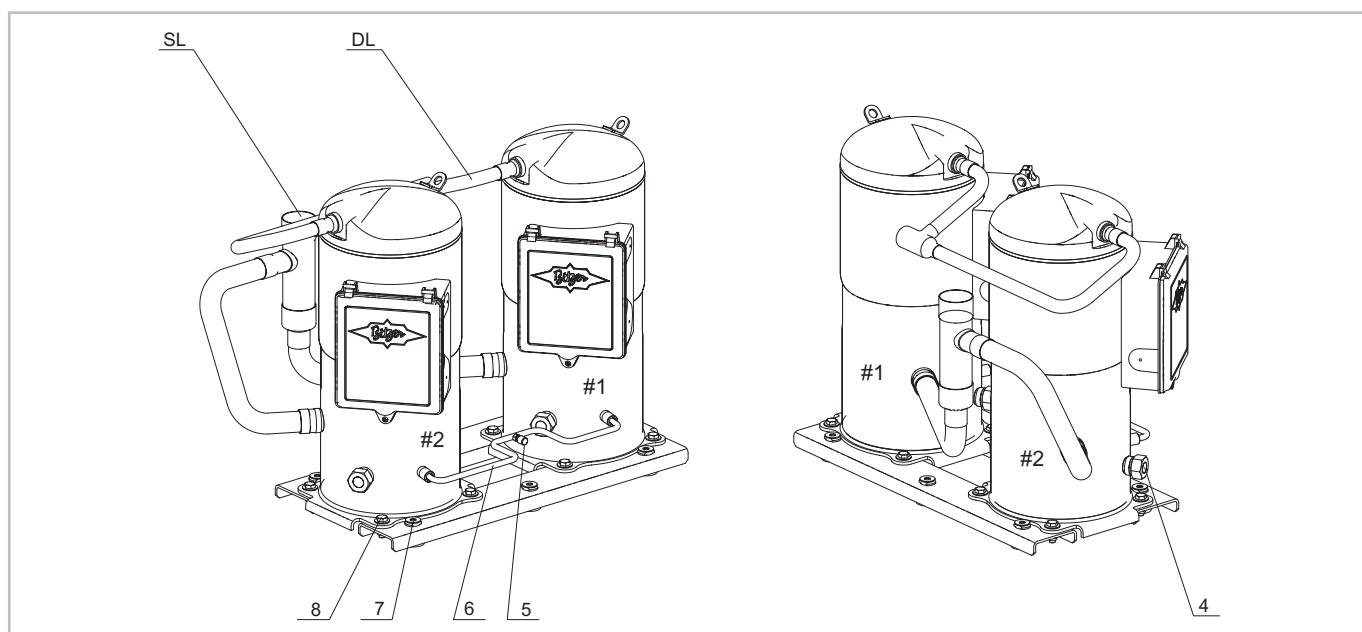


Abb. 4: Beispiel eines einheitlichen oder uneinheitlichen Tandems aus ORBIT 6 Verdichtern mit BITZER Advanced Header Technology (BAHT-Kollektor senkrecht)

SL: Sauggasleitung

DL: Druckgasleitung

#1 .. #2: Verdichter Nr. 1 .. 2

Verdichter Nr. 1 ist der Primärverdichter.

4: Schauglas

5: Ölwartungsanschluss

6: Ölausgleichsleitung

7: Montageposition für Schwingungsdämpfer

8: Montageposition für Tandem- und Trio-Befestigungsschienen

ORBIT 8 Tandem

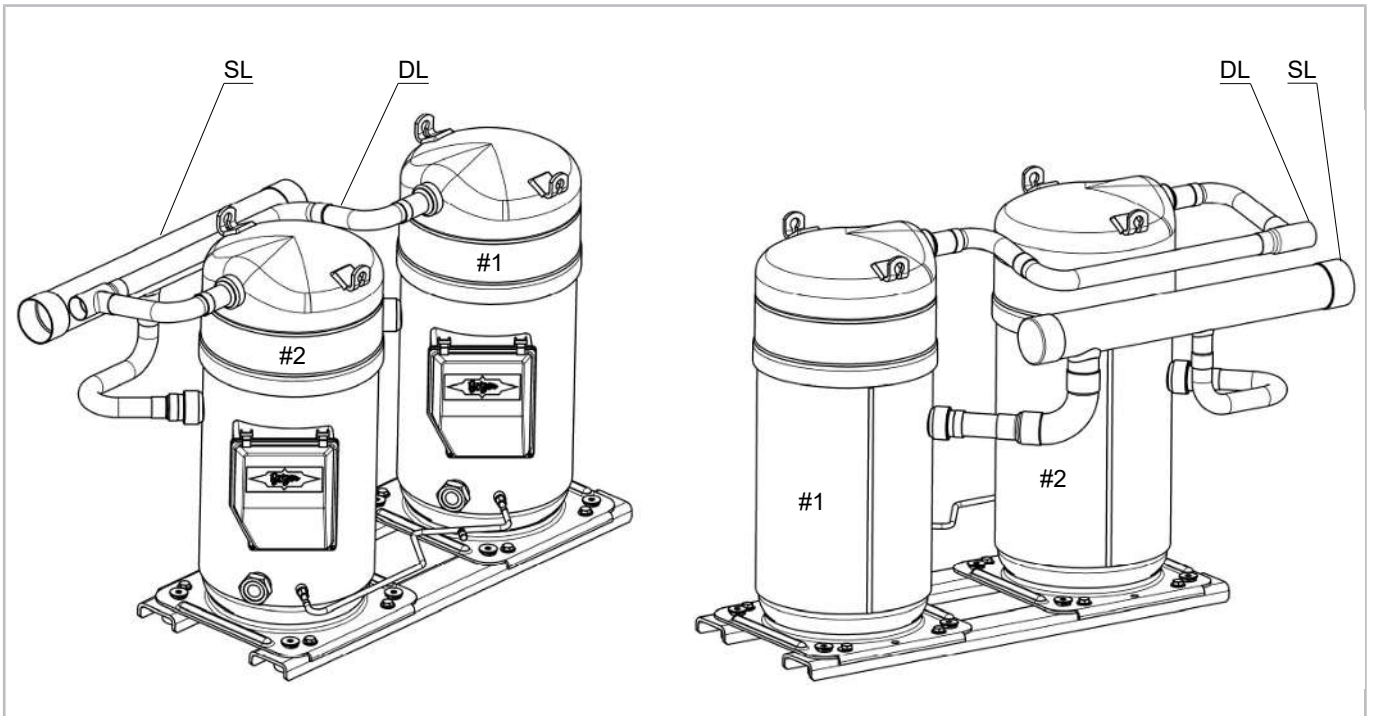


Abb. 5: Beispiel eines einheitlichen oder uneinheitlichen Tandems aus ORBIT 8 Verdichtern mit BITZER Advanced Header Technology (BAHT-Kollektor waagrecht).

SL: Sauggasleitung

DL: Druckgasleitung

#1 .. 2: Verdichter Nr. 1 .. 2 .

Verdichter Nr. 1 ist der Primärverdichter.

ORBIT 6 / ORBIT 8 Tandem

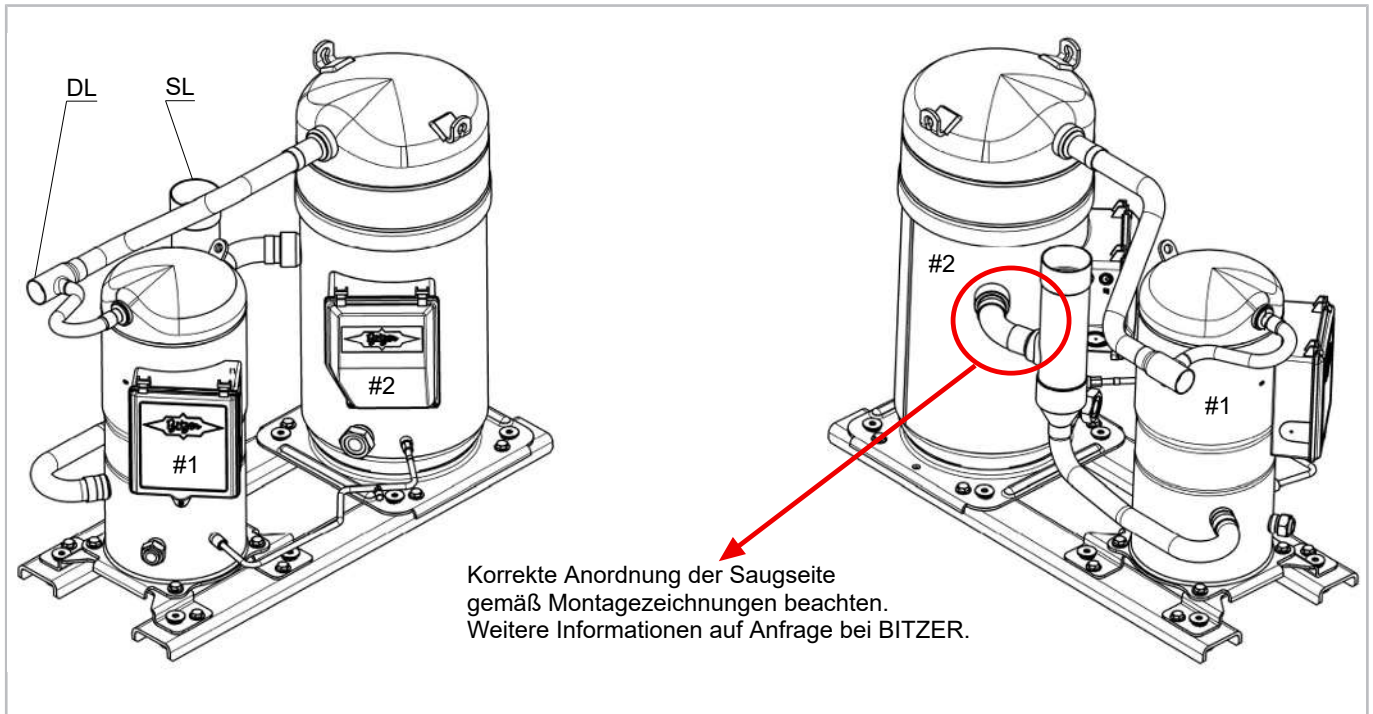


Abb. 6: Beispiel eines gemischten Tandems aus ORBIT 6 und ORBIT 8 Verdichtern mit BITZER Advanced Header Technology (BAHT-Kollektor senkrecht)

SL: Sauggasleitung

DL: Druckgasleitung

#1 .. #2: Verdichter Nr. 1 .. 2

Verdichter Nr. 1 ist der Primärverdichter.

ORBIT 6 Trio

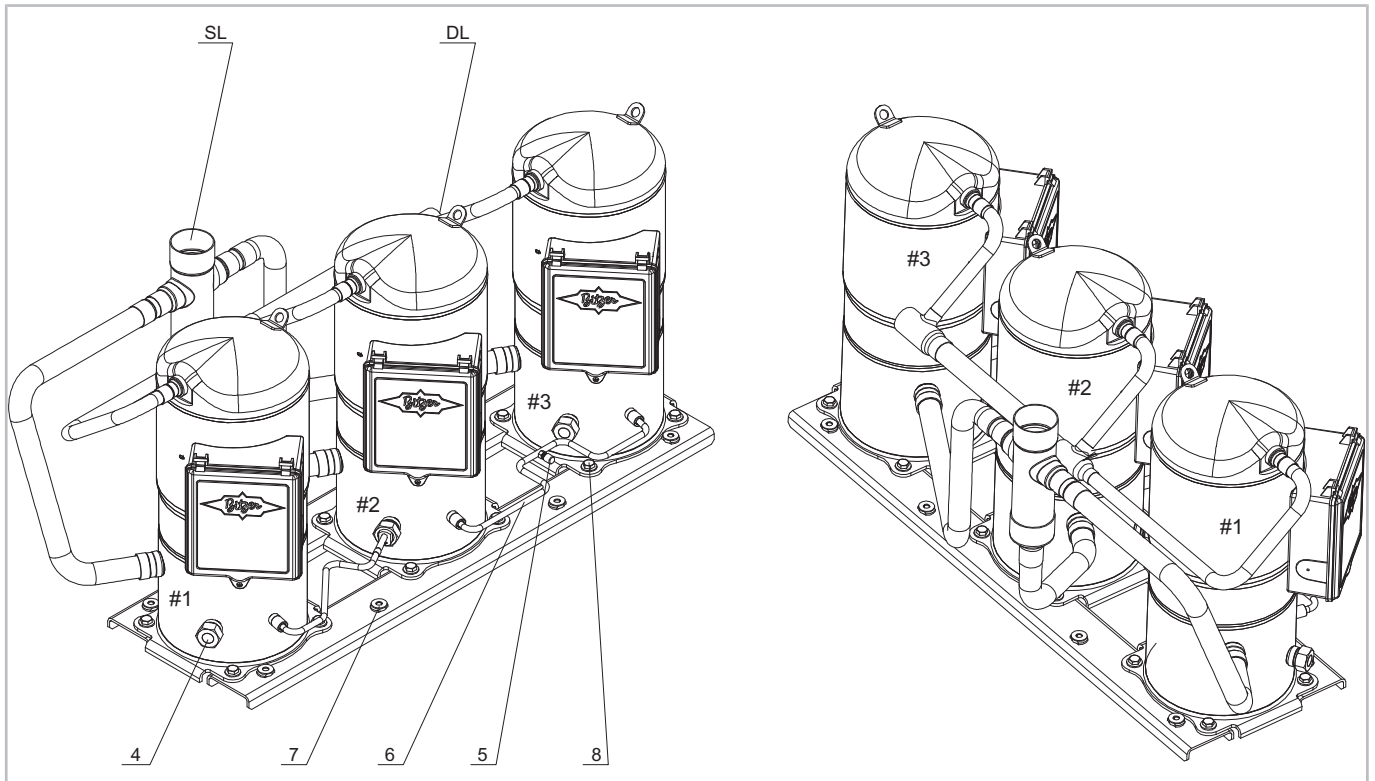


Abb. 7: Beispiel eines einheitlichen Trios aus ORBIT 6 Verdichtern mit BITZER Advanced Header Technology (BAHT-Kollektor senkrecht)

SL: Sauggasleitung

DL: Druckgasleitung

#1 .. #3: Verdichter Nr. 1 .. 3

Verdichter Nr. 2 ist der Primärverdichter.

4: Schauglas

5: Ölwartungsanschluss

6: Ölausgleichsleitung

7: Montageposition für Schwingungsdämpfer

8: Montageposition für Tandem- und Trio-Befestigungsschienen

Austausch von Verdichtern in einem Tandem / Trio

Beim Austausch in einem Tandem oder Trio, das aus ORBIT Verdichtern der Designvariable 1 besteht (erkennbar an der letzten Ziffer der Motorkennung, z.B. GSU80295VAB431), sind die meisten ORBIT der Designvariable 2 abwärtskompatibel. Eine Ausnahme ist der Verdichter **GSD80485V.2**: Wenn dieser Typ in ein Tandem oder Trio mit der Designvariable 1 eingebaut wird, muss eine Unterlegscheibe im Sauganschluss des GSD80485V.2 angebracht werden:

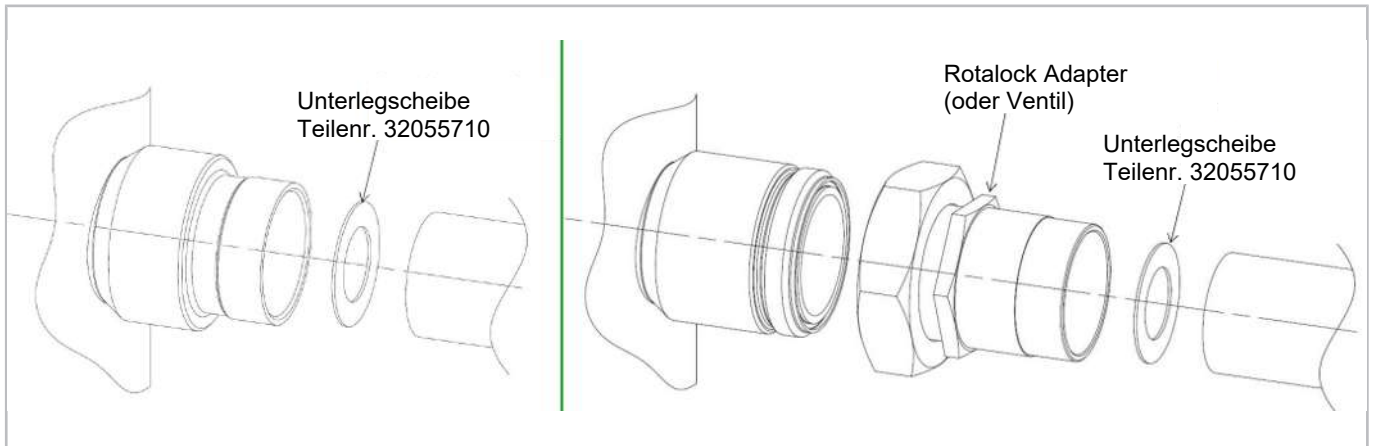


Abb. 8: Unterlegscheibe im Sauganschluss bei Einbau eines GSD80485V.2 Verdichters in ein Tandem oder Trio mit Designvariable 1.

4.1 Prüfen des Ölstands



HINWEIS

Voraussetzung für das unten beschriebene Vorgehen ist Stillstand der Verdichter!

Die üblichste Methode, um festzustellen, ob Öl in den Verdichter gefüllt werden muss, ist die Beobachtung der Schaugläser.

- Bei ORBIT 6 und 8 Tandems / Trios oder gemischten Tandems aus ORBIT 6 mit ORBIT 8 kann der Ölstand direkt am Schauglas der einzelnen Verdichter überwacht werden.
- Bei ORBIT 8 Trios gibt es ein Schauglas in der Ölausgleichsleitung selbst.

Während der Inbetriebnahme kann ein Anlagenbauer den Ölstand in den Schaugläsern beobachten und feststellen, ob Öl in den Verdichter gefüllt werden muss (*siehe Abbildung 7, Seite 16*).

Der Ölstand sollte vor und nach der ersten Inbetriebnahme der Anlage, während des normalen Betriebs und auch regelmäßig bei ausgeschalteter Anlage geprüft werden, um sicherzustellen, dass er innerhalb der zulässigen Grenzen liegt.

Vor Inbetriebnahme der Anlage

Bei Tandem- und Trio-Anordnungen müssen alle Verdichter starr auf den Befestigungsschienen montiert und auf einer ebenen Fläche aufgestellt werden, sodass die Ölausgleichsleitung für einen zuverlässigen Betrieb möglichst waagrecht bleibt. Sobald die Verdichter montiert und alle Rohre angeschlossen sind, sollte der Ölstand mindestens 1/2 des Schauglases betragen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Wenn der Ölstand nicht sichtbar ist, sollte die empfohlene Ölart durch den Ölwartungsanschluss in einen der Verdichter eingefüllt werden, bis der Ölstand 2/3 des Schauglases erreicht hat. Dieses Verfahren gilt ebenso für den Einzelbetrieb von Scrollverdichtern, siehe:

- *ESB-130*: Betriebsanleitung Hermetische Scrollverdichter ORBIT 6 und ORBIT 8

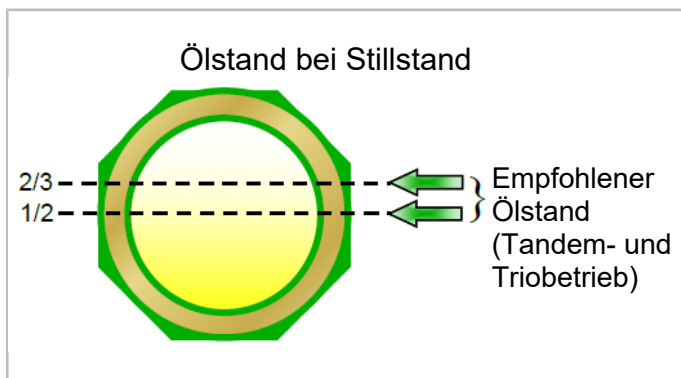


Abb. 9: Das Schauglas zeigt den empfohlenen Ölstand vor dem Betrieb der Anlage.

Die Verdichter sind werkseitig mit Öl befüllt, daher sollte die anfängliche Ölfüllung des Verdichters in den meisten Kompaktanlagen ausreichen. In den folgenden Fällen kann jedoch zusätzliches Öl nötig sein:

- Anlagen mit langem Rohrnetz >20 m
- Anlagen mit Flüssigkeitsabscheidern
- Anlagen, die bei längerem Betrieb mit geringer Last dazu neigen, Öl im Verdampfer zu sammeln
- Anlagen mit potenziell großen Schwankungen des Massenstroms, was zu einer größeren Ölsammlung in der Anlage führen kann



HINWEIS

Verdichterschaden möglich!

Der Betrieb von BITZER Scrollverdichtern ist nur mit den genannten Original BITZER Ölen zugelassen!



HINWEIS

Bei hohem Wassergehalt des Öls Schaden an Verdichter und Kälteanlage möglich!

Luft Eintritt in Anlage und Ölgebinde vermeiden.

Nur originalverschlossene Ölgebinde verwenden, geöffnete Ölgebinde wieder gut verschließen und Inhalt möglichst zügig aufbrauchen.

Für Gebrauchtöle: Warnwerte zum Wassergehalt beachten.

Für mehr Informationen zu Ölen für Scrollverdichter:

- EST-500: BITZER Kältemaschinenöle für Scrollverdichter, stationäre Anwendung (ORBIT, ESH)

Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme ist eine sehr kritische Phase für jeden Verdichter, da alle tragenden Oberflächen neu sind und eine kurze Einlaufphase benötigen, um hohe Lasten unter widrigen Bedingungen zu tragen. Die Ölheizung muss mindestens 12 h vor dem Verdichteranlauf eingeschaltet werden – das vermeidet eine stärkere Kältemittellösung im Öl und eine Belastung der Lager. Ölheizung während der Ausschaltzyklen des Verdichters einschalten.

Die Anlage mindestens 1 h unter Nennbedingungen betreiben. Der Ölstand kann während des Betriebs schwanken:

- Während des Betriebs ist für einzelne Verdichter ein akzeptabler Mindestölstand bei 1/4 des Schauglases vorgesehen,
- für einen BAHT Primärverdichter (Erklärung: Tandem- und Trio-Betrieb) ist ein sichtbarer Ölstand am Boden des Schauglases auch im Betrieb zulässig.

Zeichnungen von ORBIT 6 und ORBIT 8 Tandems und Trios sind auf Anfrage bei BITZER erhältlich. Darin ist der Primärverdichter gekennzeichnet. Die korrekte Verdichterposition ist essentiell für die Funktion des BAHT.

Richtwerte für den Ölstand im Betrieb

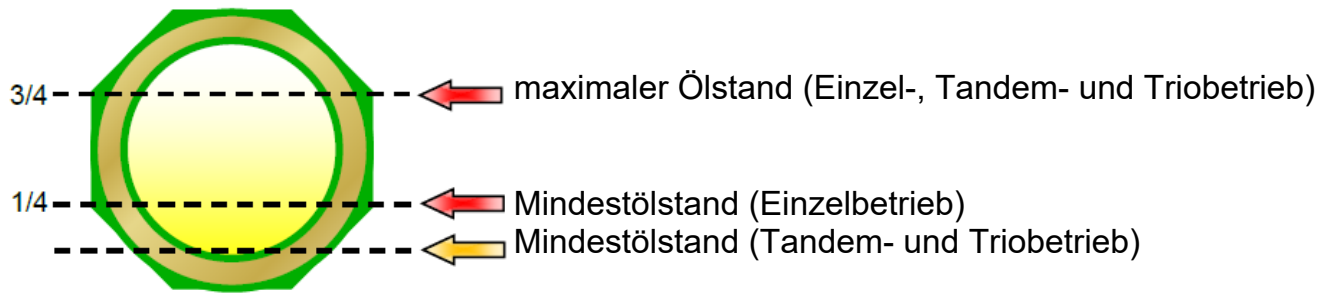


Abb. 10: Schauglas-Referenz für den Ölstand während des Anlagenbetriebs

Nach mind. 1 h unter Nennbedingungen Anlage ausschalten. 5 min warten, bis sich der Ölstand nivelliert hat, und ihn gemäß der obigen Abbildung für den Stillstand (*siehe Abbildung 9, Seite 18*) regelmäßig prüfen. Verdichter können während des normalen Betriebs etwas Öl verlieren, da ein Teil des Öls die Verdichter unweigerlich mit dem Druckgas verlässt. Wenn die Kältemittelleitungen richtig dimensioniert und konfiguriert sind, kehrt dieses Öl schließlich zu den Verdichtern zurück, aber es wird immer etwas davon mit dem Kältemittel im Umlauf sein. Bei der Inbetriebnahme einer neuen Anlage kann zusätzliches Öl nötig sein, um das im Umlauf befindliche Öl auszugleichen – v.a. die Ölmenge in Ölabscheidern und Zubehör wie Flüssigkeitsabscheidern und Flüssigkeitssammlern. Der Ölstand sollte bei maximalem und minimalem Massenstrom einer Anlage geprüft werden.

- Bei maximalem Massenstrom fließt das meiste Öl durch die Anlage, daher muss ausreichend Öl im Verdichter sein.
- Bei minimalem Massenstrom muss das Öl immer noch aus der Anlage zurückgeführt werden, obwohl das Öl mit geringer Geschwindigkeit und Kraft transportiert wird.

Wenn der Ölstand nach diesen Tests und 5 min Stillstand zu niedrig ist, etwas Öl hinzufügen, um den empfohlenen Ölstand gemäß der obigen Abbildung für den Stillstand zu erreichen (*siehe Abbildung 9, Seite 18*).

Nachdem zusätzliches Öl eingefüllt wurde, Verdichter 20 min laufen lassen. Während des Betriebs kann die zweite Abbildung (*siehe Abbildung 10, Seite 19*) als Maßgabe verwendet werden, um die Ölrückführung zu schätzen.

Anlage abschalten, um den Ölstand im Stillstand gemäß der ersten Abbildung (*siehe Abbildung 9, Seite 18*) erneut zu prüfen. Verdichter müssen bei der Ölstandskontrolle ausgeschaltet sein – der Ölstandshinweis während des Betriebs (*siehe Abbildung 10, Seite 19*) ist lediglich eine Orientierungshilfe. Bei BAHT für Tandems und Trios kann der Ölstand über dem Schauglas liegen, wenn viel Öl in die Anlage gefüllt wurde. Wenn bereits eine bestimmte Ölmenge nachgefüllt wurde und der Ölstand im Schauglas weiter sinkt, ist die Ölrückführung in der Anlage unzureichend. Mögliche Ursachen für den Ölverlust des Verdichters müssen geprüft werden, einige Beispiele werden im Folgenden erläutert.



HINWEIS

Beim Austausch von Verdichtern kann es notwendig sein, Öl abzulassen.

Beim Austausch eines Verdichters aus der Anlage befindet sich bereits Öl in der Anlage, daher kann es notwendig sein, einen Teil der Ölfüllung abzulassen. Wenn viel Öl in der Anlage ist, besteht außerdem die Gefahr, dass die Flüssigkeit beim Anlauf überläuft. Ölstand innerhalb des empfohlenen Schauglasbereichs einstellen.

4.2 Ursachen für Ölverlust

Es gibt mehrere mögliche Ursachen für Ölverlust eines Verdichters. Einige häufige Ursachen, die vermieden werden sollten:

Unpassende Kältemittelleitungen

Die Anlage sollte ausreichend dimensionierte Druckgas-, Sauggas- und Flüssigkeitsleitungen haben, um übermäßige Druckverluste zu vermeiden. Die Durchmesser sollten aber klein genug sein, um eine ausreichende Geschwindigkeit des Kältemittelstroms für die Rückführung des Öls zum Verdichter zu gewährleisten. Der Druckverlust sollte geringer sein als die entsprechenden 1 K (2° F) bei Sättigungstemperatur.

Eine geteilte Steigleitung hat den Effekt einer verkleinerten Steigleitung bei Minimallast, während sie bei Volllast etwa den gleichen Druckverlust wie eine voll dimensionierte Leitung hat. Die kleinere Steigleitung ist so dimensioniert, dass die Ölrückführung bei minimaler Leistung gewährleistet ist; die größere Steigleitung ist so dimensioniert, dass der kombinierte "Durchflussbereich" beider Steigleitungen ungefähr dem der Hauptsauggasleitung entspricht.

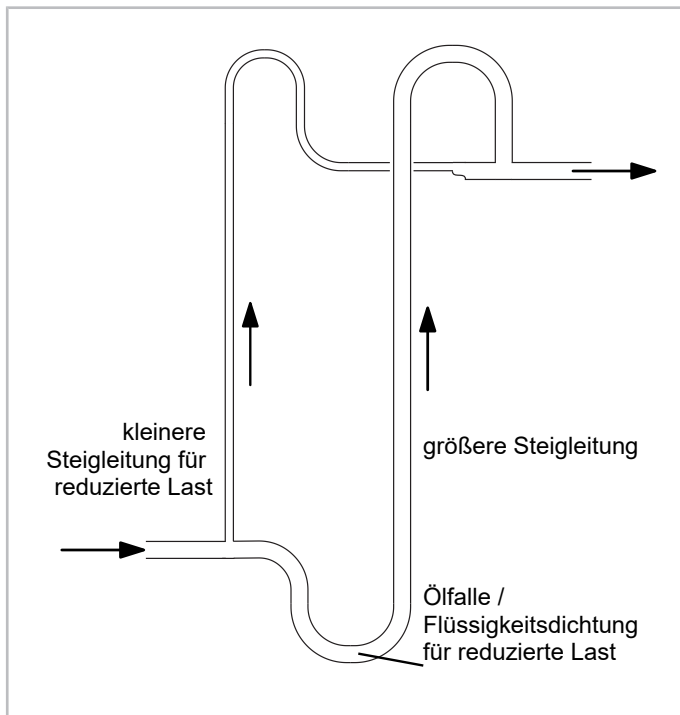


Abb. 11: Geteilte Steigleitung für Teillast bzw. Anlagen mit Leistungsregelung: Bei geringer Leistung (reduzierte Last) wird das Öl aufgefangen und dichtet die größere Steigleitung ab, sodass nur die kleinere Steigleitung verwendet wird. Bei hoher Leistung (Volllast) führen beide Leitungen Kältemittel und Öl zurück zum Verdichter.

Die Auslegung der Sauggasleitungen ist kritischer als die Flüssigkeits- und Druckgasleitungen. Kältemittelleitungen sollten so dimensioniert sein, dass der Druckverlust bei Volllast minimal ist und bei minimaler Last Öl vom Verdichter zum Verdichter zurückgeführt wird.

Bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter sollten Qualifikationstests durchgeführt werden, um eine ausreichende Gasgeschwindigkeit bei minimalen Drehzahlen und Massenströmen in der Anlage sicherzustellen. Sie können bei geringer Auslastung auftreten, wodurch die Gasgeschwindigkeiten weiter unter die zuvor erwarteten Werte sinken können.

Kurzer Betriebszyklus



HINWEIS

Gefahr von Motorausfall!

Die Steuerlogik des übergeordneten Anlagenreglers muss die vorgegebenen Anforderungen in jedem Fall erfüllen.

Während langer Perioden mit kurzen Zyklen können die Verdichter schneller Öl in die Anlage fördern, als es zurückgeführt wird – was zu einem geringeren Ölstand im Verdichter führt. Um eine optimale Schmierung der Innenteile des Verdichters und eine gute Ölrückführung zu gewährleisten, sollten ORBIT Verdichter max. 8 mal pro h anlaufen und für eine gewisse Mindestlaufzeit eingeschaltet bleiben, siehe Betriebsanleitung ESB-130. Ein kürzerer

Betrieb des Verdichters (z.B. für eine sehr enge Temperaturregelung) kann zu fortschreitendem Ölverlust und Schäden am Verdichter führen.

Bei jedem Verdichteranlauf sinkt der Ansaugdruck und damit auch der Druck im Ölsumpf schnell ab. Dadurch sinkt die Sättigungstemperatur, was dazu führt, dass sich das Öl-Kältemittel-Gemisch in Schaum und Dampf auflöst. Bei häufigen Anläufen kann ein Teil des Öls aus dem Verdichter gepumpt werden. Wenn der Verdichter ausreichend lange in Betrieb ist, um die Anlage zu stabilisieren, kehrt das Öl in den Verdichter zurück – aber wenn die Betriebszeit sehr kurz ist, kann das Öl noch in der Anlage eingeschlossen sein. Wenn sich dieser Zyklus wiederholt, wirft der Verdichter nach und nach Öl in die Anlage, sodass die Menge im Ölsumpf evtl. nicht mehr ausreicht, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten.

Ein zu kurzer Betriebszyklus kann viele Gründe haben, z.B. geringe Kältemittelfüllung, niedriger Druckbegrenzer durch Einstellung eines Thermostats mit geringer Differenz, Mindestlastbedingungen usw. All dies geht mit geringen Kältemittelmassenströmen einher, die wiederum zu einer geringeren Gasgeschwindigkeit und einer schlechten Ölrückführung aus der Anlage führen. Bei schnellen Lastschwankungen, die zu häufigen Anläufen und Stopps führen, können die Zyklen durch eine Leistungsregelung (z.B. einen externen Frequenzumrichter) vermieden werden.

Eintritt von flüssigem Kältemittel in den Verdichter

Eine der Hauptursachen für Verdichterausfälle sind Schäden durch das Eindringen von zu viel flüssigem Kältemittel in den Verdichter. Dies verringert das Ölniveau und die Schmierqualität der Verdichterlager. Die Flüssigkeitsmenge, die ein Verdichter schadlos übersteht, hängt von seiner Konstruktion, seinem Innenvolumen und seiner Ölfüllung ab. Flüssigkeitsverlagerung, Überflutung und Ablagerungen müssen durch Maßnahmen vermieden werden, die z.B. von der Anlagenausführung und dem jeweiligen Problem abhängen. Bei abgeschaltetem Verdichter wird eine Ölheizung empfohlen, damit sich kein Kältemittel in den Verdichter verlagert und sich mit dem Öl vermischt.

Eine Kälteanlage sollte nach Installation und Inbetriebnahme feinabgestimmt werden. Die Prüfung und Einstellung der Regler bei der Inbetriebnahme ist wichtig für einen effizienten Betrieb und eine lange Lebensdauer der Anlage.

Table of contents

1 Introduction	23
2 Safety.....	23
2.1 Mind with flammable refrigerants	24
2.1.1 Use of flammable refrigerants of the A2L safety classes and A3 (e. g. R1234yf or R290).....	24
2.1.2 Work on systems with A3, A2L and B2L refrigerants.....	25
2.1.3 System design with highly flammable refrigerants.....	25
2.1.4 Suspicion of burnt refrigerant in terminal box	25
2.1.5 Dismounted components from systems with A3 or A2L refrigerants	25
2.1.6 Used oil from systems with A3 or A2L refrigerants	26
3 System design.....	26
3.1 Pipe layout and further components	26
3.2 Vibrations and sound	29
3.3 Avoiding damages due to critical pipe lengths	29
3.4 Particular notes on safe compressor and system operation	31
3.5 Pump down system.....	32
4 Tandem and trio operation	32
4.1 Verifying adequate oil level	37
4.2 Causes for oil loss.....	39

1 Introduction

BITZER ORBIT scroll compressors have been developed especially for air conditioning and heat pumps. They are characterized by high efficiency, smooth operation and reliability. For the typical seasonal operation mode of A/C applications – primarily in part load operation – special focus is on low energy consumption even at reduced condensing temperatures. Compressor design has been optimized for low sound emissions, achieving one of the lowest levels in its class. Compressor geometry with regard to fitting places of installation and mounting configuration enables easy substitution. The compressors can be installed in compounds of 2 or 3 compressors for further capacity range and maximum part load efficiency, e.g. with the BITZER Advanced Header Technology (BAHT). They can be operated at variable speed (e.g. with external frequency inverter) and are suitable for A1, A2L and A3 refrigerants (see *BITZER Software*).

For more information on the refrigerants: *Refrigerant Report*

This document gives an overview of planning, installation, commissioning and maintenance of ORBIT compressors for single and compound applications. However, statements can only be of general character - special requirements due to various refrigerants, system designs etc. must always be considered. For more specific information, consult the BITZER SOFTWARE and the technical documents listed below.

Also observe the following technical documents

- *ESB-130*: Operating instructions Hermetic scroll compressors ORBIT 6 and ORBIT 8
- *EST-420*: BITZER scroll compressors with external frequency inverters
- *EST-500*: BITZER refrigeration compressor oils for scroll compressors, stationary applications (ORBIT, ESH7)
- *EST-610*: ECO operation for ORBIT compressors - planning and system design
- *AT-660*: Application of R290 and R1270, A3 refrigerants
- *CT-120*: Protection devices for BITZER compressors

2 Safety

Authorized staff

All work done on the products and the systems in which they are or will be installed may only be performed by qualified and authorised staff who have been trained and instructed in all work. The qualification and competence of the qualified staff must correspond to the local regulations and guidelines.

Residual risks

The products, electronic accessories and further system components may present unavoidable residual risks. Therefore, any person working on it must carefully read this document! The following are mandatory:

- relevant safety regulations and standards
- generally accepted safety rules
- EU directives
- national regulations and safety standards

Depending on the country, different standards are applied when installing the product, for example: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL standards.

Personal protective equipment

When working on systems and their components: Wear protective work shoes, protective clothing and safety goggles. In addition, wear cold-protective gloves when working on the open refrigeration circuit and on components that may contain refrigerant.



Fig. 1: Wear personal protective equipment!

Safety references

Safety references are instructions intended to prevent hazards. They must be stringently observed!



NOTICE

Safety reference to avoid situations which may result in damage to a device or its equipment.



CAUTION

Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which may result in minor or moderate injury.



WARNING

Safety reference to avoid a potentially hazardous situation which could result in death or serious injury.



DANGER

Safety reference to avoid an imminently hazardous situation which may result in death or serious injury.

In addition to the safety references listed in this document, it is essential to observe the references and residual risks in the respective operating instructions!

2.1 Mind with flammable refrigerants

2.1.1 Use of flammable refrigerants of the A2L safety classes and A3 (e. g. R1234yf or R290)

The information in this chapter about the use of refrigerants of the A2L safety class refer to European regulations and directives. In regions outside the EU, observe the local regulations.

This chapter describes the additional residual risks posed by the product when using A3 and A2L safety class refrigerants and provides explanations. This information helps the system manufacturer carry out the required risk assessment of the system; it can in no way replace the risk assessment for the system. For further information on the system design, see Technical Information [AT-660](#).

Design, maintenance and operation of refrigeration systems using flammable refrigerants are subject to particular safety regulations.



Information

When using a flammable refrigerant:

Affix the warning sign "Warning: flammable materials" (W021 according to ISO7010) well visibly to the compressor.

2.1.2 Work on systems with A3, A2L and B2L refrigerants

If the refrigerant circuit needs to be opened:



DANGER

Explosion danger!
Do not braze or solder pipes!

- ▶ Loosen pipe fittings or cut to open the pipes.
- ▶ Avoid sparking.

2.1.3 System design with highly flammable refrigerants

Electrical switches that can generate an ignition spark must not be installed close to components from which refrigerant can leak. This implies e.g.:

- ▶ Mount the high pressure and low pressure switches outside the switch cabinet.

2.1.4 Suspicion of burnt refrigerant in terminal box

The combustion of refrigerant in the terminal box can only happen when several very rare errors occur simultaneously. The probability of this event occurring is extremely low. Combustion of fluorine-based refrigerants can release lethal amounts of toxic gases.



DANGER

Life-threatening exhaust gases and residues of combustion!
Sufficiently ventilate the machinery room for at least 2 hours.
Never inhale combustion products.
Use appropriate acid-resistant gloves.



In case of suspected burnt refrigerant in the terminal box:

- ▶ Do not enter the place of installation and ventilate it for at least 2 hours.
- ▶ Never inhale combustion products.
- ▶ Do not enter the place of installation until the combustion gases have completely escaped. The potentially toxic and corrosive exhaust air must be released into the atmosphere.
- ▶ Wear suitable acid-resistant gloves.
- ▶ Do not touch moist residues, but allow them to dry because they may contain dissolved toxic substances.
- ▶ Have trained staff clean the parts concerned.
- ▶ Remove corroded components and dispose of them properly

2.1.5 Dismounted components from systems with A3 or A2L refrigerants

After dismounting, refrigerant still outgasses from system components and can burn off or form an ignitable mixture with the ambient air. Take this into account when assessing the risk of intervention in the system and have appropriate equipment ready. This can mean, for example:

- ▶ Extract the medium from the line filter and flush it with pure nitrogen.
- ▶ Remove all oil from the pipes and flush them with pure nitrogen.
- ▶ Dispose of cloths containing oil in fireproof containers.
- ▶ Evacuate system components that can be shut off, charge them with pure nitrogen and then shut them off. This also applies to a dismantled compressor.

- ▶ Always mark dismantled components with the warning sign "flammable material" W021 from ISO7010.

2.1.6 Used oil from systems with A3 or A2L refrigerants



NOTICE

Fire hazard!

The used oil contains a relatively large amount of dissolved refrigerant.

Pack used oil safely. Dispose of in an environmentally friendly manner.

Hydrocarbons, for example propane, R290 or propene, R1270 and low-fluorinated flammable refrigerants, for example R1234yf, dissolve very well in refrigeration compressor oil at room temperature. This also applies to blends containing these substances.

Used oil from such systems may still contain relatively high percentages of dissolved flammable gases even at atmospheric pressure. These components gas out.

Observe during storage and transport:

- ▶ Fill used oil into pressure resistant vessels.
- ▶ Fill vessels with nitrogen as a protective gas and close them.
- ▶ Mark them, e. g. with the warning sign "flammable substance" W021 from ISO7010.

3 System design

3.1 Pipe layout and further components

Pipe layout



NOTICE

Risk of compressor failure due to liquid slugging!

Before adding larger quantities of oil: check the oil return!

Pipes and system design must ensure that the compressor cannot be flooded with oil or liquid refrigerant from the suction or discharge side. This needs to be guaranteed during

- standstill,
- start,
- 4-way valve switching or defrost cycles.

The following measures should be taken:

- Install the compressor above the evaporator or raise the suction gas line after the evaporator (see sketch below).
- Do not install the compressor in the coldest part of the system and provide thermal insulation, if necessary.
- Install an oil heater and combine it with a single pump down system, if necessary (*Pump down system*).
- Provide a suction accumulator in reversible and heat pump systems with defrost cycles if needed.
- Ensure adequate oil return to the compressor, especially at minimum load conditions (e.g. operation with frequency inverter at 35 Hz).

Additional safety is provided by a solenoid valve mounted directly prior to the expansion valve.



NOTICE

Risk of compressor damage due to insufficient oil return!

The end user is responsible for ensuring proper system oil charge and oil return for all operating speeds and conditions.

Discharge gas line

Pipes should be installed with a certain inclination leading away from the compressor in order to prevent liquid refrigerant (caused by possible back condensation) or oil from migrating to the discharge chamber of the compressor. If a larger amount of liquid accumulates, this results in extremely high pressure peaks during start, which may lead to compressor damage and pipe fracture.

For further information, please contact BITZER.

Pressure pulsations may lead to vibrations in the discharge gas line. Critical pipe lengths whose natural frequencies are in resonance with the compressor pulsations, must be avoided. For further details: [Vibrations and sound](#).

Suction gas line

To ensure continuous oil circulation in the system and to protect the compressor from being flooded with refrigerant, consider the measures described above as well as the suction gas line versions shown in the following figure.

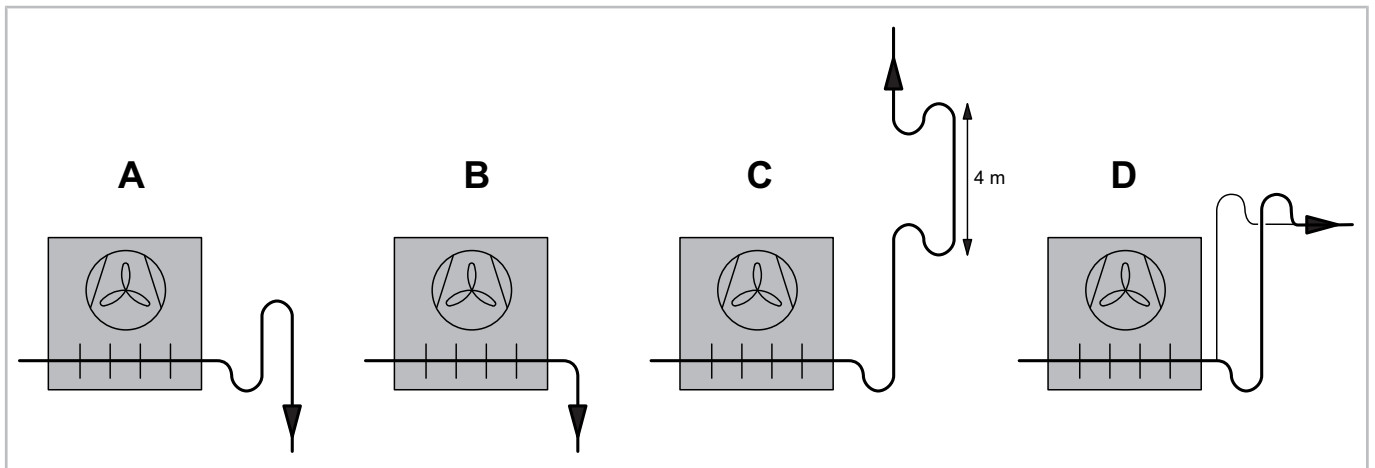


Fig. 2: Examples of suction gas line arrangement

A: Raised suction gas line (swan neck)

B: Falling suction line – single pump down system or specific evaporator design required

C: Rising line

D: Split rising line for part load resp. systems with capacity control (e.g. compound operation or operation with external frequency inverter)

Oil heater

The oil heater ensures the lubricity of the oil even after long shut-off periods. It prevents increased refrigerant concentration in the oil and therefore reduced viscosity. The oil heater should be operated while the compressor is at standstill and at least 12 h prior to the first compressor start. For the following cases it is absolutely necessary:

- outdoor installation of the compressor
- systems with reverse cycling (e.g. hot gas defrosting)
- if the compressor can become colder than other system components
- extended pipe works (e.g. split systems)
- long shut-off periods
- high refrigerant charge compared to the system volume
- possible refrigerant condensation in the compressor

For more information on oil heaters:

- *ESB-130*: Operating instructions Hermetic scroll compressors ORBIT 6 and ORBIT 8

Filter dryer

The polyvinyl ether oils (PVE) in ORBIT compressors are strongly hygroscopic, i.e. they withdraw water from ambient air.



NOTICE

Risk of compressor damage!

Generously sized filter dryers should be used to ensure a high degree of dehydration and to maintain the chemical stability of the circuit. Make sure to choose a suitable quality (molecular sieves with specially adapted pore sizes).

Replaceable core filter driers are generally considered the best option on larger capacity systems with multiple compressors. For more information on BITZER oils:

- *EST-500*: BITZER refrigeration compressor oils for scroll compressors, stationary applications (ORBIT, ESH7)

Suction side cleaning filter

A suction side cleaning filter (filter mesh 25 µm) will protect the compressor from damage due to dirt from the system and is strongly recommended for individually built systems with widely branched pipe works. Accessibility for exchange is recommended. The use of suction screens should not be considered as a substitute for proper pipe processing and cleanliness in brazing and design!

Expansion valve and evaporator

Expansion valve and evaporator have to be tuned-in using utmost care, especially for systems with a large control range. Sufficient suction gas superheat and stable operating conditions must be guaranteed in each case in full and part load conditions (e.g. with tandems, trios or operation with frequency inverter).

After switching from part to full load, liquid slugging can occur. Therefore, the evaporator must be sized in such a way that even at part load no oil is trapped in the evaporator. Depending on design and performance range of the evaporator, several circuits may be necessary, each with separate expansion and solenoid valve, or tight closing electronic expansion valve, respectively.

Check valve

ORBIT scroll compressors are equipped with an internal discharge check valve. The valve is intended to prevent an excessive leak rate of the high-pressure gas into the compressor when it is turned off. Low pressure differentials may cause leak rates over longer time. An external discharge check valve is recommended for pump down and in applications with long standstill times and reversible systems, with potential refrigerant migration.

Operation with electronic soft starter or external frequency inverter

The soft starter reduces the starting current for the motor by increasing the motor voltage up to the nominal value according to predefined functions. A frequency inverter allows the stepless control of the refrigerating capacity to the cooling demand of the system by speed control. Not all compressor protection devices are suitable for operation with soft starter or frequency inverter.

For more information:

- *AT-330*: Starting modes for BITZER compressors
- *EST-420*: BITZER scroll compressors with external frequency inverters
- *CT-120*: Protection devices for BITZER compressors

When operating compressors with soft starter or external frequency inverter, consult BITZER.

3.2 Vibrations and sound



NOTICE

Risk of damages caused by vibrations!
Securely fasten each pipe.
Check the vibration behaviour during operation!

Compressor vibrations and pressure pulsations are normally very low by design. However, they can evoke resonance frequencies in piping and heat exchangers (i.e. meet the natural frequency of the system), which results in system sound, vibration, and potentially in piping fatigue and leakage. Possible sources of vibrations are:

- pressure pulsations in the discharge gas line
- torque fluctuations acting on the compressor mountings or on the flanges of line connections
- resonances with the economiser line

The specific vibration characteristics may result in sound emission, which in the case of an unfavourable pipe layout can be transmitted to the housing or building elements via the suction and discharge gas piping. Rotating and tilting movements during start and operation may occur additionally. Therefore, the pipes must be sufficiently flexible and insulated against vibrations at the fixing points.

Critical pipe lengths whose natural frequencies are in resonance with the compressor pulsations must be avoided ($\pm 15\%$ of critical pipe length). The calculation must at least consider the operating conditions, the refrigerant (sonic speed), and the pulsation frequency of the compressor: The base frequency of ORBIT compressors is approx. 48 Hz (50 Hz network) or 58 Hz (60 Hz network). Frequencies of higher orders (96 / 192 Hz or 116 / 232 Hz) should also be checked in the final layout.

The whole system, particularly the pipes and capillary tubes, must be checked for abnormal vibrations. The pipes should be flexible enough to allow normal starting and stopping of the compressor without exerting excessive stress on the pipe joints. If required, take additional safety measures. For special considerations regarding vibrations with external frequency inverter:

- EST-420: BITZER scroll compressors with external frequency inverters

Data from sound measurements for each compressor is provided in the BITZER SOFTWARE, tab "Technical data", and in:

- AT-340: Sound data for BITZER compressors

3.3 Avoiding damages due to critical pipe lengths

Positive displacement compressors do not convey the refrigerant completely continuously: high pressure and low pressure are superimposed by pulsations. The pulsations propagate in the pipework at the speed of sound of the refrigerant vapour and can be reflected at 90° pipe bends, closed ends or valves. Unfavourably selected straight pipe lengths up to the point of reflection result in resonances and standing waves. These can lead to very high pressure peaks, large forces on the pipework and significant temperature increases. Pipe ruptures due to these effects are possible.

To avoid pipe bursts, critical pipe lengths should be calculated and then avoided in the system as straight pipe sections, especially in the pressurised gas line and economiser line. Half the pipe length should also be avoided: it corresponds to the second harmonic with twice the frequency.

The calculation requires:

- The speed of sound in the refrigerant vapour at the pressures and temperatures of the respective system. It can be determined using refrigerant substance data programmes such as ASEREP from Asercom or RefProp from NIST.
- The frequency of the pulsations. It depends on the compressor design and the frequency of the supply voltage, i.e. it is variable in the case of frequency inverters.

The following applies to BITZER compressors:

Compressor design	Speed	Pulsation	
Semi hermetic reciprocating compressors	$n \approx 0,5 \times f$	$f_p = n \times z$	4 pole motors, z: number of cylinders
Screw compressors	$n \approx f$	$f_p = n \times z$	2 pole motors, z: number of profile teeth
Scroll compressors	$n \approx f$	$f_p = n$	2 pole motors, one discharge per turn

Tab. 1: Compressors for stationary applications by BITZER

n: speed of compressor motor in Hz

f: frequency of the driving power supply in Hz

z: number of cylinders resp. profile teeth (5 or 4 profile teeth)

f_p : frequency of pulsation in Hz

The critical pipe lengths can then be calculated as follows:

$$L_{kr} = \frac{c}{2 f_p}$$

Fig. 3: L_{kr} : critical pipe length in m

c: speed of sound in m/s

Example for **screw compressors** with frequency inverter:

$z = 5$; $f = 20 \dots 60$ Hz; $f_p = 100 \dots 300$ (600) Hz

$t_c = 60^\circ\text{C}$, $t_{v2} = 100^\circ\text{C}$, R1234yf

$L_{kr} = 0.72 \dots 0.24$ (0.12) m

Example for **4 cylinder reciprocating compressors** with frequency inverter:

$z = 4$; $f = 25 \dots 70$ Hz; $f_p = 100 \dots 280$ (560) Hz

$t_c = 50^\circ\text{C}$, $t_{v2} = 90^\circ\text{C}$, R290

$L_{kr} = 2.39 \dots 0.85$ (0.43) m

Example for **scroll compressors** with frequency inverter:

$z = 1$; $f = 35 \dots 75$ Hz; $f_p = 35 \dots 75$ (150) Hz

$t_c = 70^\circ\text{C}$, $t_{v2} = 125^\circ\text{C}$, R290

$L_{kr} = 3.5 \dots 1.6$ (0.8) m

A range of $\pm 15\%$ should also not be used around the calculated values for the critical pipe length in order to cover uncertainties, e.g. when determining the temperature and pressure and the slip of the asynchronous motor. In the examples above, the number in brackets corresponds to the harmonics with double frequency. If certain pipe lengths cannot be avoided, it is possible to calculate which frequency ranges must be suppressed.

The reflection can be largely suppressed by

- using two 45° bends instead of one 90° bend,
- bent pipes with a large bending radius of >24 times the pipe diameter and
- 45° joints.

Well-tuned pulsation mufflers in the discharge gas line and the economiser line can often reduce the pulsations sufficiently.

3.4 Particular notes on safe compressor and system operation

Analysis show that compressor failures are most often due to an unsafe operation mode. This applies especially to damage resulting from lack of lubrication:

- Function of the expansion valve – observe the manufacturer's notes!
 - Position the temperature sensor correctly at the suction gas line and fix it.
 - When using an internal heat exchanger, position the evaporator's expansion valve sensor prior the internal heat exchanger.
 - If possible, insulate the sensor to ensure it measures the suction gas line temperature and not the ambient temperature.
 - Provide sufficient suction gas superheat according to the BITZER SOFTWARE and its application remarks.

A **high** suction gas superheat setting of the expansion valve may result in high discharge gas temperatures, reduced refrigerating capacity and poor oil return.

A **low** suction gas superheat may cause liquid slugging and compressor bearing washout.
 - When using electronic expansion devices, enabling the MOP (maximum operating pressure) feature is strongly recommended to avoid overloading the compressor. Set the MOP value to the maximum allowable evaporating pressure according to the saturated temperatures of the compressor application limits. Some thermostatic expansion valves also offer a MOP function.
 - Ensure a stable operation mode under all operating and load conditions (also part load, summer/winter operation, minimum speed during operation with frequency inverter).
 - Bubble-free liquid at the expansion valve inlet. Bubbles can destroy the nozzle of the expansion valve due to cavitation forces and reduce the refrigerating capacity.
- Avoid refrigerant migration (from the high pressure side to the low pressure side or into the compressor) during long shut-off periods!
 - Install a solenoid valve in the liquid line.
 - An automatic pump down system (*Pump down system*) is recommended before any off cycle (especially if the evaporator may get warmer than the suction gas line or the compressor), as long as the pressures are within the application limits.
 - Install a sufficiently sized suction accumulator to prevent liquid slugging caused by liquid floodback during compressor start.
 - Observe the low pressure limit.
 - Automatic sequence change for systems with several refrigerating circuits.
 - An oil heater is generally recommended and should be turned on during standstill and at least 12 h prior to the first compressor start. For further details: *Pipe layout and further components*.



NOTICE

When setting the pump down pressure, consider the freezing point of your coolant.

- For reverse cycling:
 - First switch off the compressor.
 - Reverse the system by switching the required system components.
 - Wait for 30 s.
 - Then start the compressor.

3.5 Pump down system

For some systems like heat pumps, a single pump down system (also called "pump out control") may be applied. The principle is the same as for an automatic pump down system (also called "pump down control"): extracting refrigerant on the evaporator side and shutting off the compressor via the low pressure switch. However, an additional auxiliary contactor ensures that after a single extraction of refrigerant and compressor shut-off, no further pumping cycles are possible. Restarting is only possible by demand from the room thermostat or after completion of a defrost cycle.

- Automatic pump down system: repeated extraction of refrigerant
- Single pump down system: one-time extraction of refrigerant

Regardless of the system, it is important to respect the minimum pressure settings and avoid operation in vacuum.

In case of using water as coolant, consider minimum pressure limits referring to a saturated temperature $>0^{\circ}\text{C}$ of the refrigerant to avoid damaging the heat exchanger.

- For the low pressure setting, consider the minimum pressure referring to the lowest evaporation temperature of the application limits (all pressure values refer to gauge pressure):
 - 2.1 bar(g) for R454B and R452B
 - 2.4 bar(g) for R410A and R32
 - 0.6 bar(g) for R290
- In order to avoid unnecessary low pressure cut-outs, a second lower value may be set, which may not fall below 1.0 bar (0.1 bar for R290).

Additionally, operation in this range of 2.1 .. 1.0 bar (R454B and R452B) resp. 2.4 .. 1.0 bar (R410A and R32) resp. 0.6 .. 0.1 bar (R290) is limited to max. 60 s during compressor start. For further guidance, please consult BITZER.

For pump down, the use of an external check valve is recommended.

4 Tandem and trio operation

ORBIT compressors are particularly suitable for parallel operation (tandems and trios). With respect to oil balance in such arrangements, BITZER has developed the BITZER Advanced Header Technology (BAHT). The BAHT headers reduce the pressure drop variations of the refrigerant circuit and the impact they can have on oil equalisation between the compressors: It will be maintained regardless of operating sequence, as long as the oil quantity in the system is sufficient for tandem resp. trio compounds.

Further advantages of the compound systems:

- extension of capacity compared to single compressors
- wide range of compressor combinations for full and part load capacity and efficiency optimization
- optimum capacity adjustment with low power consumption in part load range (combination of identical or different compressor sizes, possibly with external frequency inverter, see Technical Information [EST-420](#))
- optimum oil distribution
- low load on electrical supply during start
- high degree of operational safety
- simple and cost-effective installation

For further information see the BITZER SOFTWARE as well as:

- [ESP-130](#): Brochure Hermetic Scroll Compressors ORBIT, ORBIT+, ORBIT FIT
- [EST-420](#): BITZER scroll compressors with external frequency inverters

There are multiple tandem and trio arrangements using BAHT, the following figures show some examples. Please contact BITZER for dimensional drawings and further information.

In each tandem or trio, one compressor is the **primary compressor**. This should be the compressor with the lowest displacement in the tandem, because it is the first to receive oil from the BAHT header:

- In case of a **vertical BAHT header** (ORBIT 6 tandem and trio, mixed tandem), the primary compressor is the compressor connected to the bottom part of the BAHT.
- In case of a **horizontal BAHT header** (ORBIT 8 tandem), the primary compressor is the compressor connected next to the closed end.

ORBIT 6 tandem

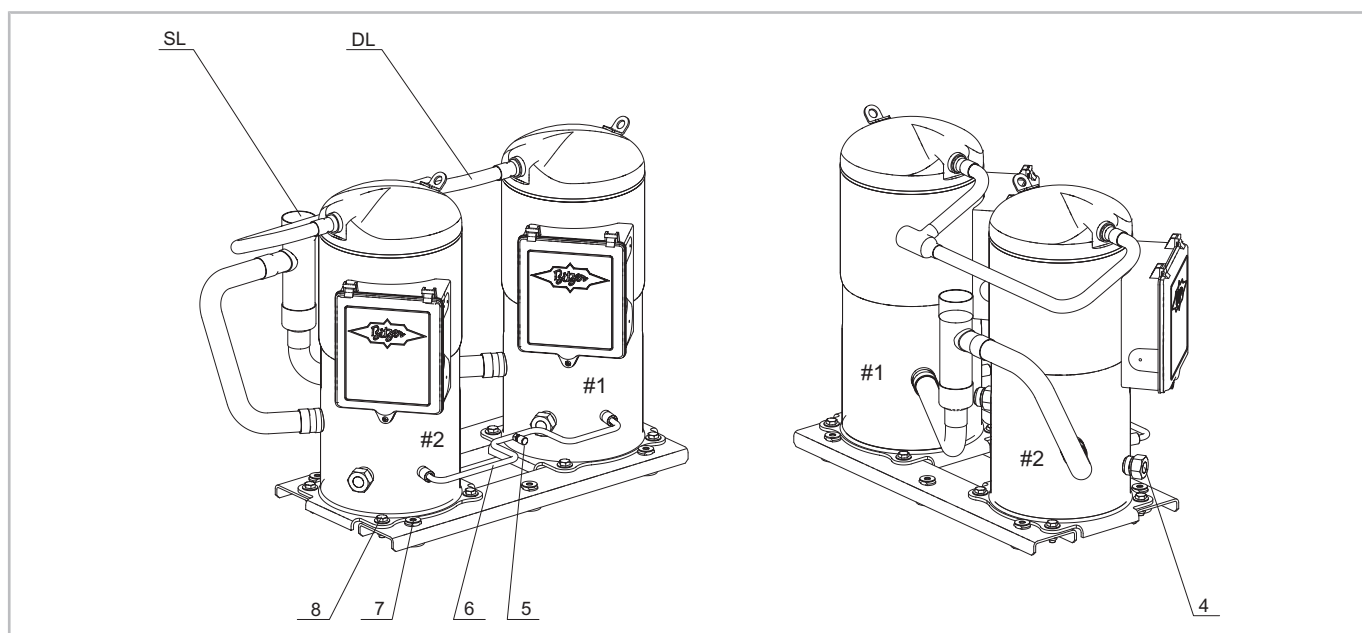


Fig. 4: Example of an even or uneven tandem arrangement of ORBIT 6 compressors with BITZER Advanced Header Technology (vertical BAHT header)

SL: Suction gas line

DL: Discharge gas line

#1 .. #2: Compressors no. 1 .. 2.

Compressor no. 1 is the primary compressor.

4: Sight glass

5: Oil maintenance connection

6: Oil equalizing line

7: Mounting position for vibration dampers

8: Mounting position for tandem and trio fixing rails

ORBIT 8 tandem

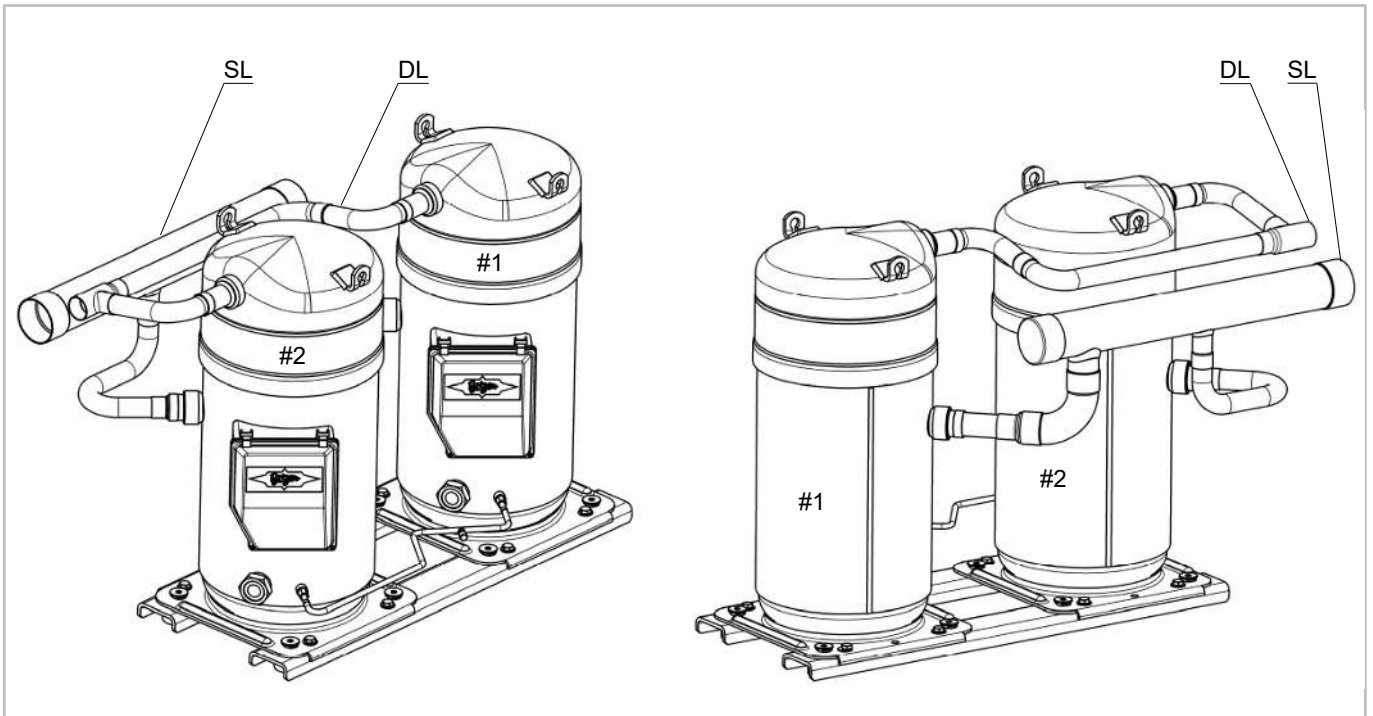


Fig. 5: Example of an even or uneven tandem arrangement of ORBIT 8 compressors with BITZER Advanced Header Technology (horizontal BAHT header).

SL: Suction gas line

DL: Discharge gas line

#1 .. #2: Compressors no. 1 .. 2.

Compressor no. 1 is the primary compressor.

ORBIT 6 / ORBIT 8 tandem

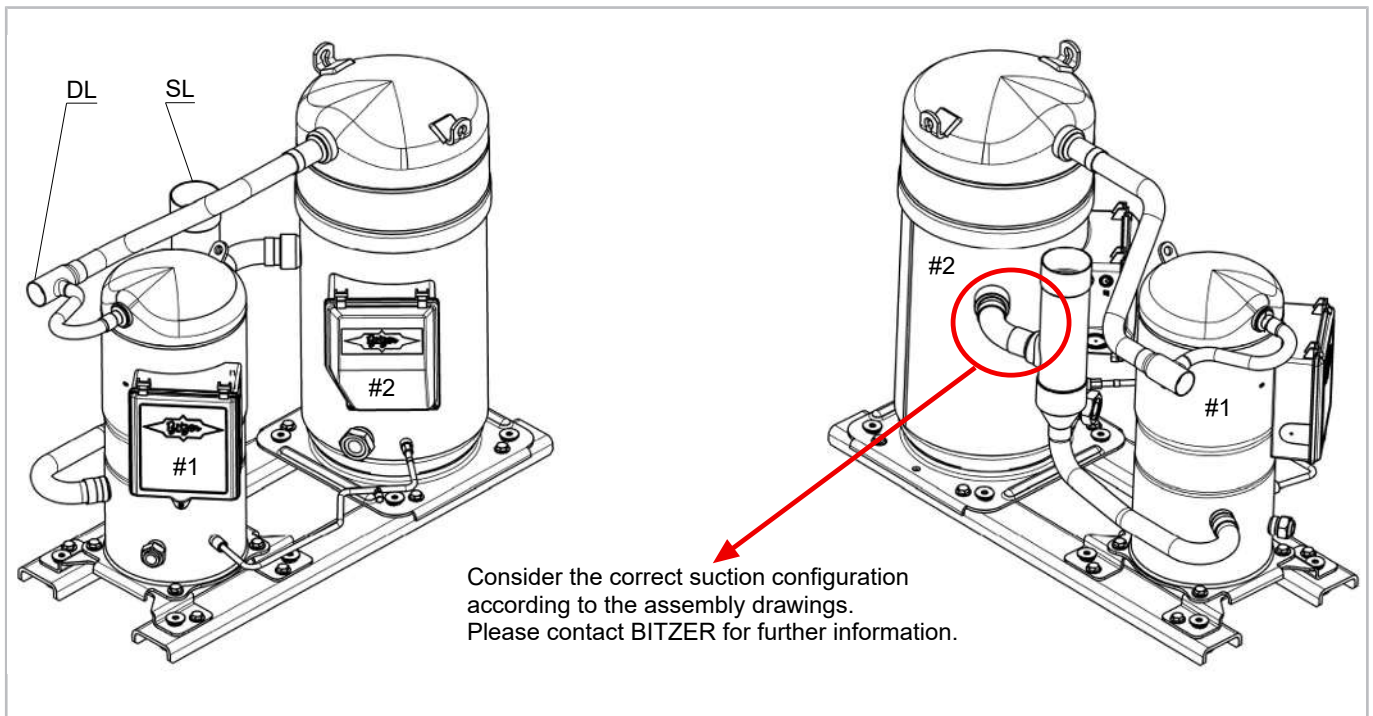


Fig. 6: Example of a mixed tandem arrangement of ORBIT 6 and ORBIT 8 compressors with BITZER Advanced Header Technology (vertical BAHT header)

SL: Suction gas line

DL: Discharge gas line

#1 .. #2: Compressors no. 1 .. 2

Compressor no. 1 is the primary compressor.

ORBIT 6 trio

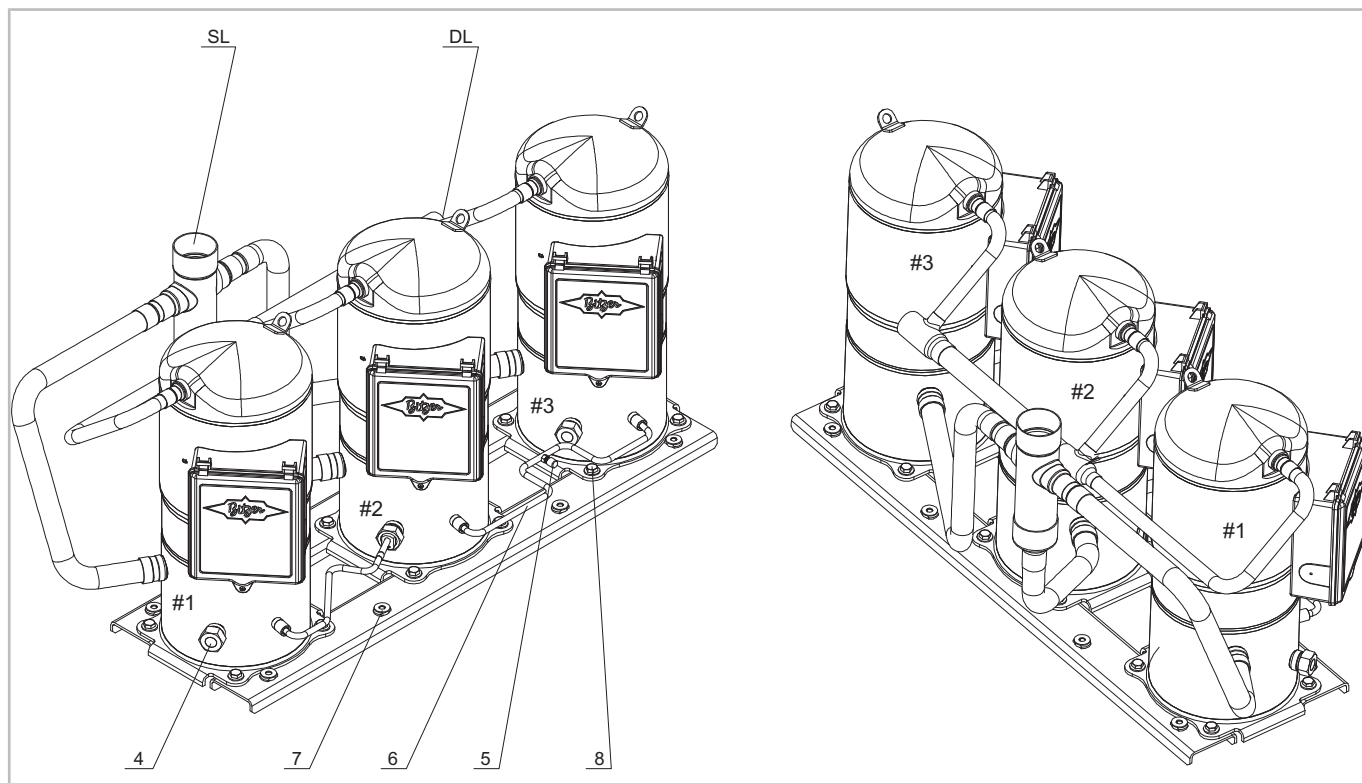


Fig. 7: Example of an even trio arrangement of ORBIT 6 compressors with BITZER Advanced Header Technology (vertical BAHT header)

SL: Suction gas line

DL: Discharge gas line

#1 .. #3: Compressors no. 1 .. 3

Compressor no. 2 is the primary compressor.

4: Sight glass

5: Oil maintenance connection

6: Oil equalizing line

7: Mounting position for vibration dampers

8: Mounting position for tandem and trio fixing rails

Exchanging compressors in a tandem or trio

When replacing a compressor in a tandem or trio consisting of ORBIT compressors with design variable 1 (to be identified by the last digit of the motor code, e.g. GSU80295VAB431), most ORBIT compressors with design variable 2 are backwards compatible. One exception is compressor **GSD80485V.2**: If this model is implemented into a tandem or trio of compressors with design variable 1, a washer must be mounted into the suction port of the GS-D80485V.2:

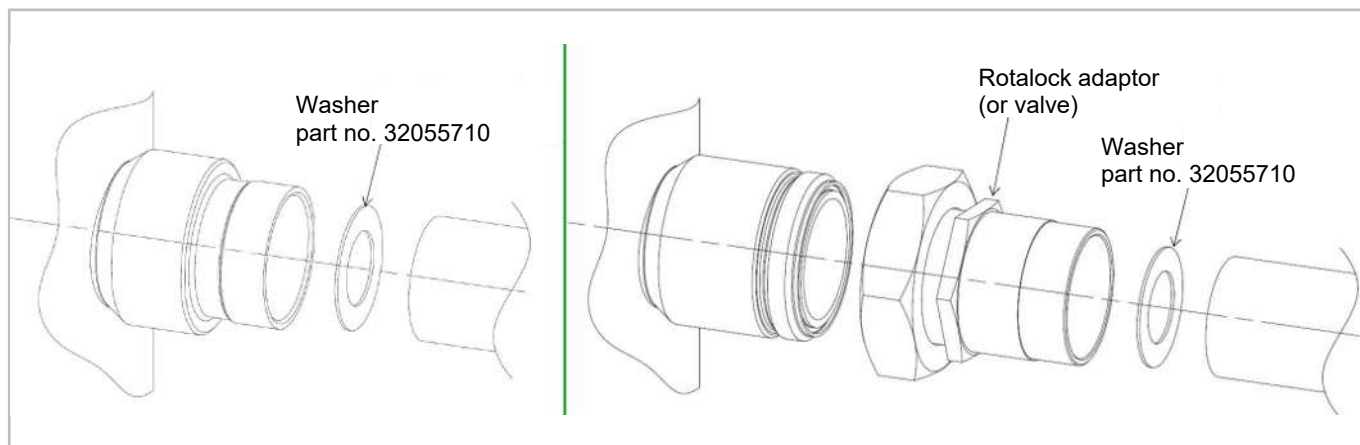


Fig. 8: Washer in the suction connection in case of implementing a GSD80485V.2 compressor into a tandem or trio of compressors with design variable 1.

4.1 Verifying adequate oil level



NOTICE

The compressors must be at a standstill before proceeding as described below!

The most common method of determining if oil needs to be added to the compressor is to observe the sight glasses.

- In tandem/trio units of ORBIT 6 and 8, or mixed tandems ORBIT 6 with ORBIT 8, the oil level can be monitored directly at the sight glass of the individual compressors.
- In ORBIT 8 trios, a sight glass is available in the oil equalisation line itself.

During commissioning, a technician can observe the oil level in the sight glasses and determine if oil needs to be added to the compressor (*see figure 7, page 36*).

The oil level should be checked prior to system operation, after the initial start, during normal operation, and also periodically when the system is off to ensure that it is within the acceptable limits.

Prior to commissioning the system

In case of tandem and trio arrangements, all compressors must be rigidly mounted on the fixing rails and placed on a level surface, so that the oil equalisation line is kept as horizontal as possible for a reliable operation. Once the compressors are installed and all pipes are connected, the oil level should be at least 1/2 of sight glass as shown in the following figure. If the oil level is not visible, the recommended oil type should be added to one of the compressors through the oil maintenance connection until the oil level is at 2/3 of the sight glass. This procedure is exactly the same for single scroll compressor assembly, see

- *ESB-130*: Operating instructions Hermetic scroll compressors ORBIT 6 and ORBIT 8

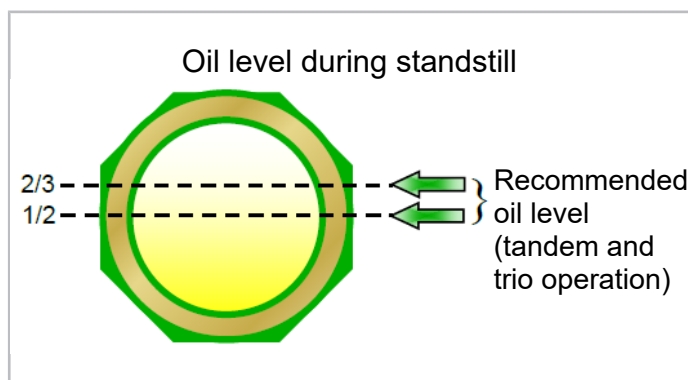


Fig. 9: Sight glass highlighting the recommended oil level prior to system operation

The compressors are factory-charged with oil. Therefore, the initial compressor oil charge should be sufficient in most compact installations. However, additional oil may be required in the following cases:

- systems with long pipe works >20 m
- systems with suction accumulators
- systems that tend to log oil in the evaporator during extended operation at low load
- systems with potentially large variation in mass flow, which may result in greater oil logging in the system



NOTICE

Risk of compressor damage!

BITZER scroll compressors may only be operated with the indicated original BITZER oils!



NOTICE

Oil with high water content may damage compressor and refrigeration system!

Avoid air intake into the system and oil containers.

Use only originally sealed oil containers. Opened oil containers should be closed tightly and their content be used up as quickly as possible.

For used oils: Observe the warning values on water content.

For more information on oils for scroll compressors:

- EST-500: BITZER refrigeration compressor oils for scroll compressors, stationary applications (ORBIT, ESH7)

Commissioning

Commissioning is a very critical period for any compressor because all load-bearing surfaces are new and require a short break-in period to carry high loads under adverse conditions. The oil heater must be turned on at least 12 h prior to compressor start – this will prevent increased refrigerant solution in the oil and bearing stress on initial start-up. Energise the oil heater during compressor off cycles.

Operate the system for at least 1 h at nominal conditions. The oil may fluctuate during operation:

- During operation a minimum oil level at 1/4 of the sight glass is acceptable for single compressors,
- for a BAHT primary compressor (explanation: *Tandem and trio operation*), a visible oil level at the bottom of the sight glass is also admissible in operation.

Consult BITZER for drawings of ORBIT 6 and ORBIT 8 tandems and trios. They indicate the primary compressor, as the correct compressor position is essential for the BAHT function.

Guiding values for oil level during operation

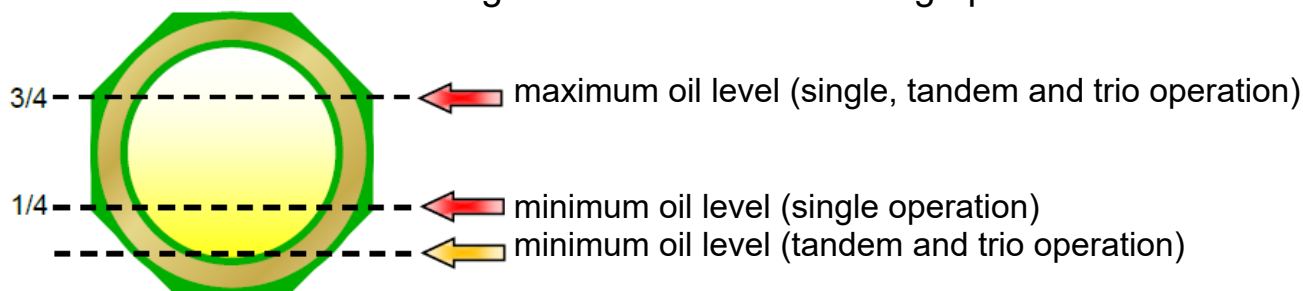


Fig. 10: Sight glass reference for oil level during system operation

After operation at nominal conditions for at least 1 h, switch off the system. Wait for 5 min until the oil level accumulated and check it according to the above figure for standstill (*see figure 9, page 38*). Compressors may lose some oil during normal operation because some of it inevitably leaves the compressors with the discharge gas. If the refrigerant pipes are properly sized and configured, this oil will eventually return to the compressors, but some of it will always circulate with the refrigerant. When commissioning a new system, additional oil may be needed to compensate for the oil in circulation, mainly in oil traps and accessories such as suction accumulators and liquid receivers. The oil level should be checked at the maximum and minimum mass flow of the system.

- At maximum mass flow, most oil is circulating in the system, therefore sufficient oil has to be in the compressor.
- At minimum mass flow, the oil still needs to come back from the system although it is transported with low velocity and force.

If the oil level is too low after these tests and 5 min of standstill, add some oil in order to get within the recommended oil level according to the above figure for standstill (*see figure 9, page 38*).

After additional oil has been added, run the compressors for 20 min. During operation, the second figure (*see figure 10, page 39*) can be used as a guidance to estimate the oil return.

Shut off the system to recheck the oil level at standstill according to the first figure (*see figure 9, page 38*). The compressors must be off when checking the oil level – the reference for the level during operation (*see figure 10, page 39*) is simply a guidance. With BAHT for tandems and trios, oil may be above the sight glass in systems where a lot of oil was added. If a certain amount of oil has already been added and the oil level in the sight glass keeps decreasing, oil return in the system is insufficient. Possible causes for oil loss of the compressors need to be checked, some examples are explained in the following.



NOTICE

Draining oil may be necessary when exchanging compressors.

When exchanging a compressor from the system, oil is already in the system, so it may be necessary to drain a part of the oil charge. If there is a large quantity of oil in the system, there is also a risk of a liquid slugging at start. Adjust the oil level within the recommended sight glass range.

4.2 Causes for oil loss

There are several possible causes for oil loss of a compressor. Some common causes which should be avoided:

Inadequate refrigerant pipes

The system should have sufficiently dimensioned discharge gas, suction gas and liquid lines to prevent excessive pressure drops, yet the diameters should be small enough to maintain adequate velocity of refrigerant flow to return the oil to the compressor. The pressure drop should be smaller than corresponding 1 K (2° F) in saturated temperature.

A split rising line has the effect of a downsized rising line at minimum load, while providing about the same pressure drop as a full sized line at full load. The smaller rising line is sized to ensure oil return at minimum capacity; the larger rising line is sized so that the combined "flow area" of both of these lines is approximately equal to that of the main suction gas line.

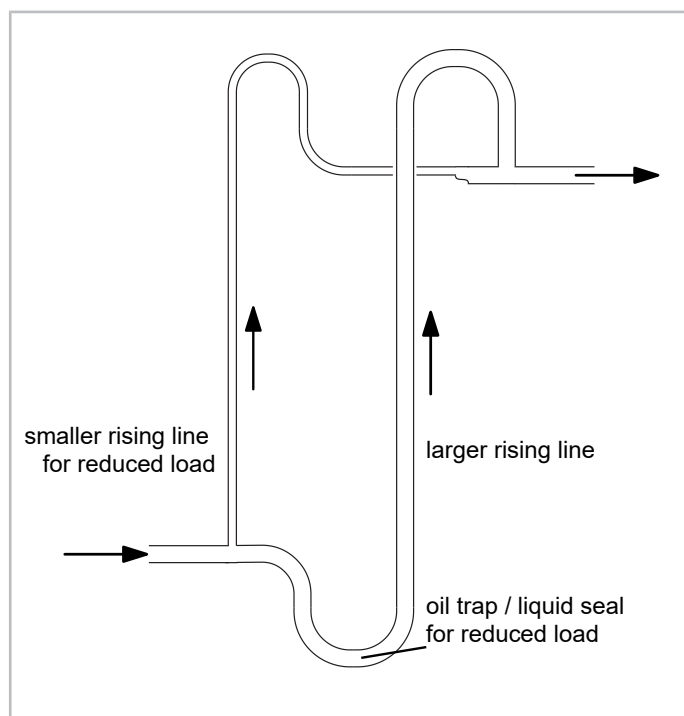


Fig. 11: Split rising line for part load resp. systems with capacity control: At low capacity (reduced load), the oil is trapped and seals off the larger riser, so that only the smaller riser is used. At high capacity (full load), both lines carry refrigerant and oil back to the compressor.

Suction gas lines are more critical than liquid and discharge gas lines from a design standpoint. Refrigerant lines should be sized to provide a minimum pressure drop at full load and to return oil from the evaporator to the compressor under minimum load conditions.

When operating with external frequency inverter, qualification tests should be done to ensure sufficient gas velocity at minimum speeds and mass flows that might occur during lightly loaded applications, which may further reduce gas velocities below previously expected levels.

Short operating cycle



NOTICE

Risk of motor failure!

The control logic of the superior system controller must meet the specified requirements in any case.

During long periods of short cycling, the compressors can pump oil into the system at a faster rate than it is being returned, resulting in reduced oil levels in the compressors. To ensure optimum lubrication of the compressor inner parts as well as good oil return, ORBIT compressors should be started max. 8 times per hour and remain switched on for a minimum operating time, see Operation Instructions [ESB-130](#). Running the compressor for a shorter time (e.g. to maintain very tight temperature control) can result in progressive loss of oil and damage to the compressor.

Each time a compressor starts, suction pressure and therefore oil sump pressure are quickly reduced. The pressure drop reduces the saturation temperature, resulting in the oil-refrigerant mixture flashing into foam and vapor. With frequent starts, a percentage of oil may be pumped out of the compressor. If the compressor operates for a sufficient time to stabilize the system, oil will return to the compressor – but if the operating time is very short, the oil may still be trapped in the system. If this cycle is repeated, the compressor will progressively pump out oil, resulting in insufficient oil in the sump to ensure reliable operation.

Short cycling can have many causes. e.g. low refrigerant charge, low pressure limiter by setting a narrow differential thermostat control, the minimum load conditions etc. All of these are accompanied by low refrigerant mass flows that, in turn, result in lower gas velocity and poor oil return from the system. In case of rapid load fluctuations, which cause frequent starts and stops, cycling can be eliminated by a capacity control (e.g. an external frequency inverter).

Liquid refrigerant entering the compressor

One of the major causes of compressor failure is damage caused by too much liquid refrigerant entering the compressor. This reduces oil level and lubricating quality of the compressor bearings. The amount of liquid which a compressor can tolerate depends on its design, internal volume, and oil charge. Liquid migration, flooding, and slugging have to be avoided by means that depend e.g. on system design and the specific problem. An oil heater is recommended when the compressor is switched off to prevent reverse refrigerant migration back into the compressors and mixing with the oil.

A refrigeration system should be fine-tuned after installation and commissioning. Checking and setting controls at commissioning is important to ensure the efficient running and long lifetime of the system.

Содержание

1 Введение	43
2 Безопасность	43
2.1 Имейте ввиду с легковоспламеняющимися хладагентами.....	44
2.1.1 Использование легковоспламеняющихся хладагентов классов безопасности A2L и A3 (напр. R1234yf или R290).....	44
2.1.2 Проведение работ на системах с хладагентами A3, A2L и B2L.....	45
2.1.3 Проектирование системы с легковоспламеняющимися хладагентами.....	45
2.1.4 Подозрение на горение хладагента в клеммной коробке.....	45
2.1.5 Демонтированные компоненты систем с хладагентами A3 или A2L.....	46
2.1.6 Отработанное масло из систем с хладагентами A3 или A2L.....	46
3 Проектирование системы.....	46
3.1 Планировка трубопроводов и других компонентов	46
3.2 Вибрации и шум.....	49
3.3 Не допускайте повреждений вследствие критической длины труб	50
3.4 Особые указания для надежной эксплуатации компрессора и системы в целом	51
3.5 Система откачки	52
4 Тандем и Трио	54
4.1 Проверка адекватного уровня масла.....	59
4.2 Причины уноса масла	61

1 Введение

Спиральные компрессоры BITZER ORBIT были разработаны специально для систем кондиционирования воздуха и тепловых насосов. Они характеризуются высокой эффективностью, безаварийной работой и надежностью. Для типичного сезонного режима работы систем кондиционирования воздуха, преимущественно в режиме частичной нагрузки, особое внимание уделено низкому потреблению энергии даже при низких температурах конденсации. Конструкция компрессора оптимизирована для обеспечения низкого уровня шума, достигающего одного из самых низких показателей в своем классе. Геометрия компрессора с точки зрения месторасположения присоединений и конфигурации монтажа обеспечивает легкую замену. Компрессоры могут устанавливаться в соединениях по 2 или 3 компрессора для расширения диапазона производительности и максимальной эффективности при частичной нагрузке, например с BITZER ADVANCED HEADER TECHNOLOGY (BAHT). Они могут работать с переменной скоростью (например, с внешним преобразователем частоты) и подходят для хладагентов A1, A2L и A3 (см. [BITZER Software](#)).

Для получения дополнительной информации по хладагентам: [Обзор Хладагентов](#)

В этом документе приводится обзор проектирования, монтажа, ввода в эксплуатацию и технического обслуживания для одиночных и параллельно соединенных компрессоров ORBIT. Тем не менее, заявления могут носить только общий характер – всегда следует учитывать особые требования, связанные с различными хладагентами, конструкцией системы и т. д. Для получения более подробной информации обратитесь к BITZER SOFTWARE и технической документации, приведенной ниже.

Также соблюдайте требования следующей технической документации

- [ESB-130](#): Инструкция по эксплуатации Герметичные спиральные компрессоры ORBIT 6 и ORBIT 8
- [EST-420](#): Эксплуатация спиральных компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты
- [EST-500](#): Холодильные компрессорные масла BITZER для спиральных компрессоров, стационарные применения (ORBIT, ESH7)
- [EST-610](#): Работа ECO с компрессорами ORBIT - планирование и проектирование системы
- [AT-660](#): Применение хладагентов R290 и R1270, A3
- [CT-120](#): Устройства защиты для компрессоров BITZER

2 Безопасность

Специалисты, допускаемые к работе

Все работы, выполняемые с продуктами и системами, в которых они установлены или будут установлены, могут выполняться только квалифицированным и уполномоченным персоналом, прошедшим обучение и инструктаж по всем видам работ. Квалификация и компетентность квалифицированного персонала должны соответствовать местным нормам и правилам.

Остаточная опасность

Продукты, электронные аксессуары и другие компоненты системы могут представлять неизбежный остаточный риск. Поэтому любой человек, работающий над ним, должен внимательно прочитать этот документ! Обязательно для соблюдения :

- соответствующие правила и стандарты безопасности
- общепринятые правила безопасности
- EU директивы
- национальные правила и стандарты безопасности

Пример применимых стандартов: стандарты: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, UL standards.

Средства индивидуальной защиты

При работе с системами и их компонентами: Носите защитную рабочую обувь, защитную одежду и защитные очки. Кроме того, надевайте перчатки для защиты от обморожений при работе с открытым контуром охлаждения и с компонентами, которые могут содержать хладагент.

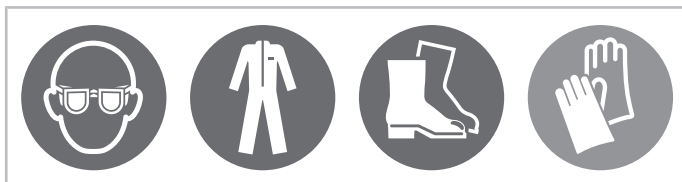


Рис. 1: Используйте средства индивидуальной защиты!

Указания по технике безопасности

Указания по технике безопасности - это инструкции, предназначенные для предотвращения опасностей. Они должны строго соблюдаться!



УВЕДОМЛЕНИЕ

Указания по предотвращению ситуаций, которые могут привести к возможному повреждению оборудования.



ВНИМАНИЕ

Указания по предотвращению потенциально опасных ситуаций, которые могут привести к возможным легким травмам персонала.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Указания по предотвращению потенциально опасных ситуаций, которые могут привести к возможным серьезным травмам персонала или смерти.



ОПАСНОСТЬ

Указания по предотвращению опасных ситуаций, приводящих к серьезным травмам персонала или смерти.

Помимо указаний по технике безопасности, перечисленных в этом документе, необходимо соблюдать указания и остаточные риски в соответствующих инструкциях по эксплуатации!

2.1 Имейте ввиду с легковоспламеняющимися хладагентами

2.1.1 Использование легковоспламеняющихся хладагентов классов безопасности A2L и A3 (напр. R1234yf или R290)

Данные, представленные в данной главе, касающиеся применения хладагентов группы безопасности A2L, основываются на европейских предписаниях и директивах. В регионах, находящихся за пределами ЕС, соблюдайте правила, действующие в конкретной стране.

В этой главе описываются дополнительные остаточные риски, связанные с продуктом при использовании хладагентов классов безопасности A3 и A2L, и приводятся пояснения. Эта информация помогает производителю системы провести необходимую оценку рисков системы; она никоим образом не может заменить оценку риска для системы. Дополнительную информацию по конструкции системы см. техническую информацию [AT-660](#).

Проектирование, обслуживание и эксплуатация холодильных систем, использующих легковоспламеняющиеся хладагенты, регулируются особыми правилами техники безопасности.



Информация

При использовании воспламеняющегося хладагента:

Приклейте предупреждающий знак «Предупреждение: легковоспламеняющиеся материалы» (W021 в соответствии с ISO7010) на видном месте на компрессоре.

2.1.2 Проведение работ на системах с хладагентами A3, A2L и B2L



ОПАСНОСТЬ

Опасность взрыва!

Не производите пайку трубопроводов!

- ▶ Ослабьте трубные фитинги или разрежьте их, чтобы открыть трубопроводы.
- ▶ Избегайте искрения.

2.1.3 Проектирование системы с легковоспламеняющимися хладагентами

Электрические выключатели, которые могут генерировать искру, не следует устанавливать рядом с компонентами, из которых может происходить утечка хладагента. Это подразумевает, например:

- ▶ Монтаж реле высокого и низкого давления вне распределительного шкафа.

2.1.4 Подозрение на горение хладагента в клеммной коробке.

Возгорание хладагента в клеммной коробке может произойти только при одновременном возникновении нескольких очень редких ошибок. Вероятность того, что это событие произойдет, крайне мала. Сгорание хладагентов на основе фтора может привести к выделению смертельно опасных газов.



ОПАСНОСТЬ

Опасные для жизни токсичные газы и продукты сгорания!

Хорошо проветривайте машинное отделение не менее 2 часов.

Никогда не вдыхайте продукты сгорания.

Используйте соответствующие кислотоупорные перчатки.

При подозрении на горение хладагента в клеммной коробке:

- ▶ Не входите в место установки и проветривайте его не менее 2 часов.
- ▶ Никогда не вдыхайте продукты сгорания.
- ▶ Не входите в место установки до полного удаления продуктов сгорания. Потенциально токсичный и коррозионно-активный отработанный воздух должен быть выброшен в атмосферу.
- ▶ Наденьте подходящие кислотостойкие перчатки.
- ▶ Не прикасайтесь к влажным отложениям, а дайте им высохнуть, поскольку они могут содержать растворенные токсичные вещества..
- ▶ Поручите обученному персоналу очистить соответствующие части.
- ▶ Удалите проржавевшие компоненты и утилизируйте их надлежащим образом

2.1.5 Демонтированные компоненты систем с хладагентами A3 или A2L

После демонтажа хладагент продолжает выделяться из компонентов системы и может воспламениться или образовать легковоспламеняющуюся смесь с окружающим воздухом. Учитывайте это при оценке риска по вмешательству в систему и подготовьте соответствующее оборудование. Это может означать, например:

- ▶ Извлеките среду из линейного фильтра и промойте его чистым азотом.
- ▶ Удалите все масло из трубопроводов и промойте их чистым азотом.
- ▶ Утилизируйте пропитанную маслом ветошь в несгораемые контейнеры.
- ▶ Откачайте компоненты системы, которые можно отсечь, заправьте их чистым азотом и затем осеките. Это также относится к демонтированному компрессору.
- ▶ Всегда маркируйте демонтированные компоненты предупреждающим знаком "воспламеняющийся материал" W021 согласно ISO7010.

2.1.6 Отработанное масло из систем с хладагентами A3 или A2L



УВЕДОМЛЕНИЕ

Опасность возгорания!

Отработанное масло содержит относительно большой объем растворенного хладагента.

Безопасно упакуйте отработанное масло. Утилизируйте экологически безопасным способом.

Углеводороды, например, пропан, R290 или пропен, R1270 и низкофторированные легковоспламеняющиеся хладагенты, например R1234yf, очень хорошо растворяются в холодильном компрессорном масле при комнатной температуре. Это также относится к смесям, содержащим эти вещества.

Отработанное масло из таких систем может содержать относительно высокий процент растворенных горючих газов даже при атмосферном давлении. Эти компоненты выделяют газ.

Соблюдайте при хранении и транспортировке:

- ▶ Залейте отработанное масло в устойчивые к давлению емкости.
- ▶ Наполните сосуды азотом в качестве защитного газа и закройте их.
- ▶ Отметьте их, например предупреждающим знаком "легковоспламеняющееся вещество" W021 по ISO7010.

3 Проектирование системы

3.1 Планировка трубопроводов и других компонентов

Планировка трубопроводов



УВЕДОМЛЕНИЕ

Опасность повреждения компрессора из-за гидравлического удара!

Прежде чем осуществлять дозаправку большого количества масла: проверьте систему на возврат масла!

Трубопроводы и конструкция системы должны исключать попадание в компрессор масла или жидкого хладагента со стороны всасывания или нагнетания. Это должно гарантироваться во время

- простоя,
- пуска,
- переключения 4-ходового клапана или во время циклов разморозки.

Следует принять следующие меры:

- Установите компрессор над испарителем или поднимите линию всасывания газа после испарителя (см. рисунок ниже).
- Не устанавливайте компрессор в самой холодной части системы и при необходимости обеспечьте теплоизоляцию.
- Установите подогреватель масла и при необходимости объедините его с однократной системой откачки (*Система откачки*).
- Предусмотрите отделитель жидкости на всасывании в реверсивных системах и в тепловых насосах с циклами оттаивания, если это необходимо.
- Обеспечьте достаточный возврат масла в компрессор, особенно в условиях минимальной нагрузки (например, при работе с преобразователем частоты на 35 Hz).

Дополнительную безопасность обеспечивает соленойдный клапан, установленный непосредственно перед расширительным клапаном.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Риск повреждения компрессора из-за недостаточного возврата масла!

Пользователь несет ответственность за обеспечение соответствующей заправки системы маслом и возврата масла на всех рабочих скоростях и при любых условиях.

Линия нагнетания

Трубопроводы необходимо монтировать с определенным наклоном от компрессора, чтобы предотвратить миграцию жидкого хладагента (вызванного возможной обратной конденсацией) или масла в камеру нагнетания компрессора. Скапливание слишком большого количества жидкости приводит к чрезвычайно высоким пикам давления при пуске, что может привести к повреждению компрессора и разрыву трубопроводов.

Для получения дополнительной информации, пожалуйста, обратитесь в BITZER.

Пульсации давления могут привести к вибрациям в линии нагнетания газа. Следует избегать критических длин трубопроводов, собственные частоты которых находятся в резонансе с пульсациями компрессора. Подробнее: *Вибрации и шум*.

Линия всасывания

Для обеспечения непрерывной циркуляции масла в системе и защиты компрессора от залива хладагентом, примите во внимание меры, описанные выше, а также варианты планировки линии всасывания, показанные на следующем рисунке.

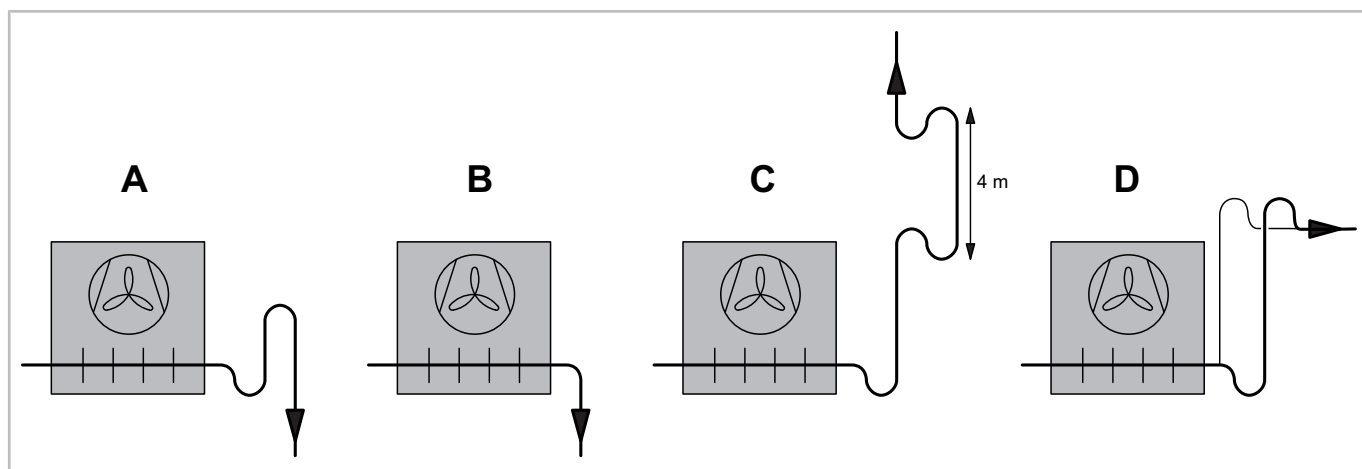


Рис. 2: Примеры планировки линии всасывания

A: Восходящая линия всасывания (лебединая шея)

B: Ниспадающая линия всасывания — требуется однократная система откачки или испаритель особой конструкции

C: Восходящая линия

D: Раздельная восходящая линия для частичной нагрузки для систем с регулированием производительности (например, параллельная работа или работа с внешним преобразователем частоты)

Подогреватель масла

Подогреватель масла обеспечивает смазывающую способность масла даже после длительных периодов простоя. Он предотвращает увеличение концентрации хладагента в масле и, следовательно, снижение вязкости. Подогреватель масла следует включать на остановленном компрессоре и не менее чем за 12 h до первого пуска компрессора. Это абсолютно необходимо в следующих случаях:

- наружная установка компрессора
- системы с реверсивным циклом (например, оттаивание горячим газом)
- если компрессор может стать холоднее других компонентов системы
- разветвленные трубопроводные системы (например, сплит-системы)
- длительные периоды простоя
- значительная заправка хладагентом по сравнению с объемом системы
- возможная конденсация хладагента в компрессоре

Дополнительную информацию по подогревателям масла см.:

- *ESB-130*: Инструкция по эксплуатации Герметичные спиральные компрессоры ORBIT 6 и ORBIT 8

Фильтр осушитель

Поливинилэфирные масла (PVE) в компрессорах ORBIT сильно гигроскопичны, т. е. они поглощают воду из окружающего воздуха.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Опасность повреждения компрессора!

Для обеспечения высокой степени осушения и поддержания химической стабильности контура следует использовать фильтры-осушители большого размера. Обязательно выберите подходящее качество (молекулярные сита со специально адаптированными размерами ячеек).

Фильтры-осушители со сменным сердечником обычно считаются лучшим вариантом для систем большой производительности с несколькими компрессорами. Дополнительную информацию по маслам BITZER см.:

- *EST-500*: Холодильные компрессорные масла BITZER для спиральных компрессоров, стационарные применения (ORBIT, ESH7)

Фильтр очиститель на стороне всасывания

Очищающий фильтр на стороне всасывания (сетка фильтра 25 µm) защитит компрессор от повреждения из-за грязи из системы и настоятельно рекомендуется для индивидуально построенных систем с широко разветвленными трубопроводами. Рекомендуется обеспечить доступ для замены. Использование экранов на всасывании не должно рассматриваться как замена надлежащей обработки труб и чистоты при пайке и проектировании!

Расширительный клапан и испаритель

Расширительный клапан и испаритель необходимо настраивать с особой тщательностью, особенно для систем с широким диапазоном регулирования. В любом случае должен обеспечиваться достаточный перегрев всасываемого газа и стабильный режим эксплуатации, как в условиях полной нагрузки, так и частичной (например, при использовании компрессорных агрегатов Тандем или Трио, или при запуске с использованием преобразователя частоты).

После переключения с режима частичной нагрузки на полную существует опасность гидравлического удара. Поэтому испаритель необходимо рассчитывать таким образом, чтобы даже при частичной нагрузке мас-

ло не задерживалось в нем. В зависимости от конструкции и диапазона производительности испарителя может потребоваться несколько контуров, каждый с отдельным расширительным и соленоидным клапаном или с плотно закрывающимся электронным расширительным клапаном соответственно.

Обратный клапан

Спиральные компрессоры ORBIT оснащены внутренним обратным клапаном нагнетания. Клапан предназначен для предотвращения чрезмерной утечки газа высокого давления в компрессор при его выключении. Низкие перепады давления могут привести к утечкам в течение длительного времени. Внешний обратный клапан нагнетания рекомендуется использовать для откачки и в системах с длительными простоями и реверсивными системами, в которых возможна миграция хладагента.

Работа с электронным устройством плавного пуска или внешним преобразователем частоты

Устройство плавного пуска снижает пусковой ток мотора, увеличивая напряжение на моторе до номинального значения в соответствии с предварительно заданными функциями. Преобразователь частоты позволяет бесступенчато регулировать холодопроизводительность в соответствии с потребностью системы в охлаждении посредством регулирования скорости. Не все устройства защиты компрессора подходят для работы с устройством плавного пуска или преобразователем частоты.

Для получения дополнительной информации см.:

- AT-330: Методы пуска для компрессоров BITZER
- EST-420: Эксплуатация спиральных компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты
- CT-120: Устройства защиты для компрессоров BITZER

При эксплуатации компрессоров с устройством плавного пуска или внешним преобразователем частоты проконсультируйтесь с BITZER.

3.2 Вибрации и шум



УВЕДОМЛЕНИЕ

Риск повреждений из-за вибрации!
Надежно закрепите каждый трубопровод.
Проверьте вибрацию во время работы!

Благодаря дизайну, вибрации компрессора и пульсации давления обычно имеют очень низкий уровень. Тем не менее, они могут вызывать резонансные частоты в трубопроводах и теплообменниках (то есть войти в соответствие с естественной частотой системы), что приводит к шуму системы, вибрации и, возможно, к усталости и утечке на трубопроводах. Возможные источники вибраций:

- пульсации давления в линии нагнетания газа
- крутящие колебания, действующие на опоры компрессора или на фланцы линейных присоединений
- резонанс с линией экономайзера

Специфические характеристики вибрации могут привести к излучению шума, которые в случае неблагоприятной планировки трубопроводов могут передаваться строению или строительным элементам через трубопроводы всасывания и нагнетания. Дополнительно, во время пуска и эксплуатации, могут возникать вращающиеся и наклонные движения. Поэтому, трубопроводы должны быть достаточно гибкими и должны изолироваться от вибраций в точках крепления.

Следует избегать критических длин трубопроводов, чьи естественные частоты находятся в резонансе с пульсациями компрессора ($\pm 15\%$ от критической длины трубопровода). Расчет должен, по крайней мере, учитывать условия эксплуатации, хладагент (скорость звука) и частоту пульсации компрессора: Базовая частота компрессоров ORBIT составляет прибл. 48 Hz (сеть 50 Hz) или 58 Hz (сеть 60 Hz). Частоты более высоких порядков (96 / 192 Hz или 116 / 232 Hz) также должны быть проверены в окончательной планировке.

Вся система, особенно трубопроводы и капиллярные трубки, должны быть проверены на наличие аномальных вибраций. Трубопроводы должны быть достаточно гибкими, чтобы обеспечить нормальный пуск и останов компрессора без чрезмерной нагрузки на трубные соединения. При необходимости примите дополнительные меры безопасности. Для особых соображений, касающихся вибраций при работе с внешним преобразователем частоты, см.

- EST-420: Эксплуатация спиральных компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты

Данные с измеренными значениями шума для каждого компрессора представлены в BITZER SOFTWARE, вкладка "Технические данные" и

- AT-340: Звуковые данные для компрессоров BITZER

3.3 Не допускайте повреждений вследствие критической длины труб

Компрессоры объемного типа не обеспечивают постоянную подачу хладагента в полном объеме: на сторонах высокого и низкого давления возникают пульсации. Пульсации распространяются в трубопроводах со скоростью звука в среде паров хладагента и могут отражаться от колен/отводов под углом 90°, закрытых концов или клапанов. При неправильном выборе длины прямых участков трубопроводов до места отражения возникают резонансы и стоячие волны. Это может приводить к очень высоким пикам давления, значительным нагрузкам на трубопровод и заметному повышению температуры. Вследствие этих эффектов возможны разрывы труб.

Чтобы избежать разрывов, следует выполнить расчет критической длины труб и избегать прямых участков большей длины в установке/системе, в частности в напорном газопроводе и линии экономайзера. Также следует избегать прокладки труб половинной длины: это соответствует гармонике на удвоенной частоте.

Для расчета потребуется:

- скорость звука в среде паров хладагента при соответствующих значениях давления и температуре внутри системы, которую можно определить с помощью программ расчета холодильного оборудования, например ASEREP от Asercom или RefProp от NIST.
- Частота пульсаций, которая зависит от типа компрессора и частоты напряжения привода, т. е. является переменной величиной в случае преобразователей частоты.

Для компрессоров BITZER действительно следующее:

Тип	Частота вращения	Пульсация	
Полугерметичные поршневые компрессоры	$n \approx 0,5 \times f$	$f_p = n \times z$	4-полюсные двигатели, z: количество цилиндров
Винтовые компрессоры	$n \approx f$	$f_p = n \times z$	2-полюсные двигатели, z: количество профильных перемычек
Спиральные компрессоры	$n \approx f$	$f_p = n$	2-полюсные двигатели, на каждый выпуск

Табл. 1: Компрессоры для стационарного применения BITZER

n: частота вращения двигателя компрессора, Гц

f: частота напряжения привода, Гц

z: количество цилиндров или профильных перемычек (5 или 4)

f_p : частота пульсации, Гц

Критические значения длины трубопроводов можно рассчитать следующим образом:

$$L_{kr} = \frac{c}{2 f_p}$$

Рис. 3: L_{kr} : критическая длина труб, м
 c : скорость звука, м/с

Пример расчета для винтового компрессора с преобразователем частоты:

$z = 5$; $f = 20 \dots 60$ Гц; $f_p = 100 \dots 300$ (600) Гц

$t_c = 60$ °C, $t_{v2} = 100$ °C, R1234yf

$L_{kr} = 0,72 \dots 0,24$ (0,12) м

Пример расчета для 4-цилиндрового поршневого компрессора с преобразователем частоты:

$z = 4$; $f = 25 \dots 70$ Гц; $f_p = 100 \dots 280$ (560) Гц

$t_c = 50$ °C, $t_{v2} = 90$ °C, R290

$L_{kr} = 2,39 \dots 0,85$ (0,43) м

Пример расчета для спирального компрессора с преобразователем частоты:

$z = 1$; $f = 35 \dots 75$ Гц; $f_p = 35 \dots 75$ (150) Гц

$t_c = 70$ °C, $t_{v2} = 125$ °C, R290

$L_{kr} = 3,5 \dots 1,6$ (0,8) м

Для расчетных значений критической длины труб также не следует использовать диапазон ± 15 %, чтобы покрыть неопределенности, например, при определении температуры и давления, а также проскальзывания асинхронного двигателя. В вышеприведенных примерах число в скобках указывает число гармоник с удвоенной частотой. Если не представляется возможным избежать определенной длины трубопровода, то можно рассчитать, какие частотные диапазоны необходимо деактивировать.

Отражение можно в значительной степени подавить путем

- использования двух колен 45° вместо одного колена 90° ,
- изогнутых труб с большим радиусом изгиба (более чем в 24 раза превышающим диаметр трубы) и
- соединениями под углом 45° .

Правильно настроенные пульсационные демпферы в трубопроводах для сжатого газа и экономайзера часто довольно эффективно гасят возникающие пульсации.

3.4 Особые указания для надежной эксплуатации компрессора и системы в целом

Анализ показывает, что подавляющее большинство отказов компрессоров происходит из-за недопустимых условий эксплуатации. Это в особенности относится к повреждениям, возникающим вследствие недостатка смазки:

- Функционирование расширительного клапана - соблюдайте указания производителя!
 - Правильно расположите и закрепите термобаллон на линии всасывания.
 - При использовании внутреннего теплообменника расположите датчик расширительного клапана испарителя перед внутренним теплообменником.
 - По возможности изолируйте датчик, чтобы он измерял температуру линии всасываемого газа, а не температуру окружающей среды.
 - Обеспечьте достаточный перегрев всасываемого газа в соответствии с BITZER SOFTWARE и примечаниями к нему.

Настройка расширительного клапана с высоким значением перегрева всасываемого газа может привести к высокой температуре нагнетаемого газа, снижению холодопроизводительности и ухудшению возврата масла.

Низкий перегрев всасываемого газа может привести к гидравлическому удару и вымыванию масла из подшипников компрессора.

- При использовании электронных расширительных устройств настоятельно рекомендуется включить функцию MOP (максимальное рабочее давление), чтобы избежать перегрузки компрессора. Установите значение MOP на максимально допустимое давление испарения в соответствии с температурой насыщения области применения компрессора. Некоторые термостатические расширительные клапаны также имеют функцию MOP.
- Обеспечьте стабильный режим работы при всех условиях эксплуатации и режимах нагрузки (также частичная нагрузка, режим лето/зима, минимальная скорость при работе с преобразователем частоты).
- Жидкость без пузырьков на входе расширительного клапана. Пузырьки могут разрушить сопло расширительного клапана из-за кавитационных сил и снизить холодопроизводительность.
- Избегайте миграции хладагента (со стороны высокого давления на сторону низкого давления или в компрессор) во время длительных периодов простоя!
 - Установите соленоидный клапан на линии жидкости.
 - Автоматическая система откачки (*Система откачки*) рекомендуется перед любым циклом отключения (особенно если испаритель может нагреваться выше, чем линия всасывания газа или компрессор), если давление находится в пределах области применения.
 - Предусмотрите отделитель жидкости достаточного размера, чтобы предотвратить гидравлический удар, вызванный обратным заливом жидкостью во время запуска компрессора.
 - Соблюдайте предел низкого давления.
 - Автоматическое переключение последовательности в системах с несколькими холодильными контурами.
 - Обычно рекомендуется использовать подогреватель масла, который следует включать во время простоя и не менее чем за 12 ч до первого пуска компрессора. Подробнее: [Планировка трубопроводов и других компонентов](#).



УВЕДОМЛЕНИЕ

При настройке давления откачки учитывайте температуру замерзания охлаждающей жидкости.

- Для реверсивного цикла:
 - Сначала остановите компрессор.
 - Реверс системы путем переключения необходимых системных компонентов.
 - Подождите 30 s.
 - Затем запустите компрессор.

3.5 Система откачки

Для некоторых систем, таких как тепловые насосы, может применяться однократная система откачки (так называемая «управляемая откачка»). Принцип такой же, как и в автоматической системе откачки (также называемой «управляемая откачка»): отбор хладагента на стороне испарителя и отключение компрессора посредством реле низкого давления. Однако дополнительный вспомогательный контактор гарантирует, что после однократной откачки хладагента и отключения компрессора дальнейшие циклы откачки невозможны. Повторный пуск возможен только по запросу комнатного термостата или после завершения цикла разморозки.

- Автоматическая система откачки: многократная откачка хладагента
- Система однократной откачки: однократная откачка хладагента

Независимо от системы важно соблюдать настройки минимального давления и избегать работы на вакууме.

В случае использования воды в качестве хладоносителя учитывайте пределы минимального давления, относящиеся к температуре насыщения хладагента $>0^{\circ}\text{C}$, чтобы избежать повреждения теплообменника.

- Для настройки низкого давления учитывайте минимальное давление, относящееся к самой низкой температуре испарения в области применения (все значения давления относятся к относительному давлению):
 - 2.1 bar(g) для R454B и R452B
 - 2.4 bar(g) для R410A и R32
 - 0.6 bar(g) для R290
- Во избежание ненужных отключений по низкому давлению может устанавливаться второе более низкое значение, которое не должно опускаться ниже 1.0 bar (R290: 0.1 bar).

Кроме того, работа в диапазоне 2.1 .. 1.0 bar (R454B и R452B) и соответственно 2.4 .. 1.0 bar (R410A и R32) и соответственно 0.6 .. 0.1 bar (R290) ограничена макс. 60 с при пуске. Для получения дополнительных указаний обратитесь в BITZER.

Для откачки рекомендуется использовать внешний обратный клапан.

4 Тандем и Трио

Компрессоры ORBIT особенно подходят для параллельной работы (танделы и трио). Для выравнивания масла в таких схемах, компания BITZER разработала BITZER Advanced Header Technology (BAHT). Система BAHT уменьшает колебания перепада давления в контуре хладагента и влияние, которое они могут оказывать на выравнивание масла между компрессорами: низкий уровень колебаний перепада поддерживается независимо от последовательности включения компрессоров, пока объем масла в системе достаточен для тандем, и соответственно для трио объединений.

Дополнительные преимущества параллельных систем:

- увеличение производительности по сравнению с одиночными компрессорами
- широкий выбор комбинаций компрессоров для полной и частичной нагрузки и оптимизации эффективности
- оптимальное подстраивание производительности с низким энергопотреблением в диапазоне частичной нагрузки (комбинация компрессоров одинакового или разного размера, возможно, с внешним преобразователем частоты, см. Техническую информацию [*EST-420*](#))
- оптимальное распределение масла
- низкая нагрузка на систему электропитания во время пуска
- высокая степень безопасности эксплуатации
- простая и экономичная установка

Для получения дополнительной информации см. BITZER SOFTWARE и

- [*ESP-130*](#): Брошюра герметичные спиральные компрессоры ORBIT, ORBIT+, ORBIT FIT
- [*EST-420*](#): Эксплуатация спиральных компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты

Существует несколько тандем и трио объединений с использованием BAHT, на следующих рисунках показаны некоторые примеры. Пожалуйста обратитесь в BITZER по габаритным чертежам и по дополнительной информации.

В каждом тандеме или трио один компрессор является **ведущим компрессором**. Это должен быть компрессор с наименьшей объемной производительностью в тандеме, потому что он первым получает масло из коллектора BAHT:

- В случае **вертикального коллектора BAHT** (ORBIT 6 тандем и трио, смешанный тандем) ведущим компрессором является компрессор, подключенный к нижней части BAHT.
- В случае **горизонтального коллектора BAHT** (ORBIT 8 тандем) ведущим компрессором является компрессор, подключенный рядом с заглушенным концом.

ORBIT 6 тандем

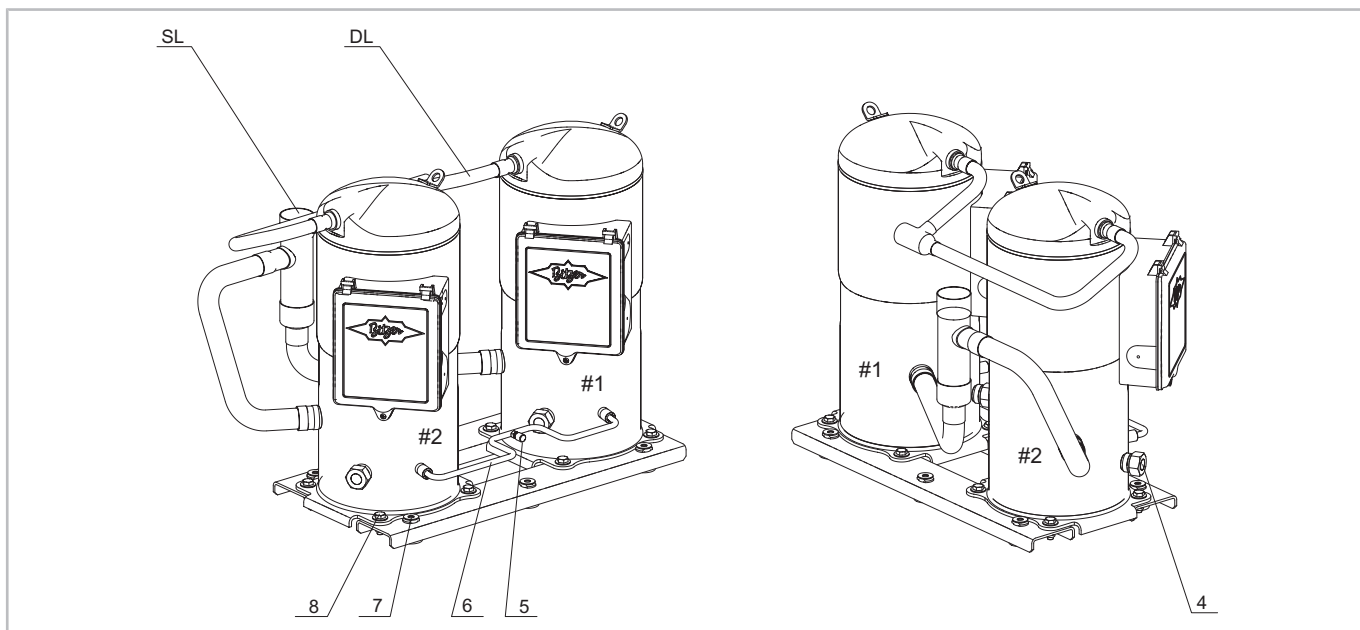


Рис. 4: Пример равного или неравного тандем объединения компрессоров ORBIT 6 с BITZER Advanced Header Technology (вертикальный ВАНТ header)

SL: Линия всасывания

DL: Линия нагнетания

#1 .. #2: Компрессоры № 1 .. 2.

Компрессор № 1 является ведущим компрессором.

4: Смотровое стекло

5: Присоединение для масла

6: Линия выравнивания масла

7: Монтажное положение для гасителей вибрации

8: Монтажное положение для тандем и трио крепежных рельс

ORBIT 8 тандем

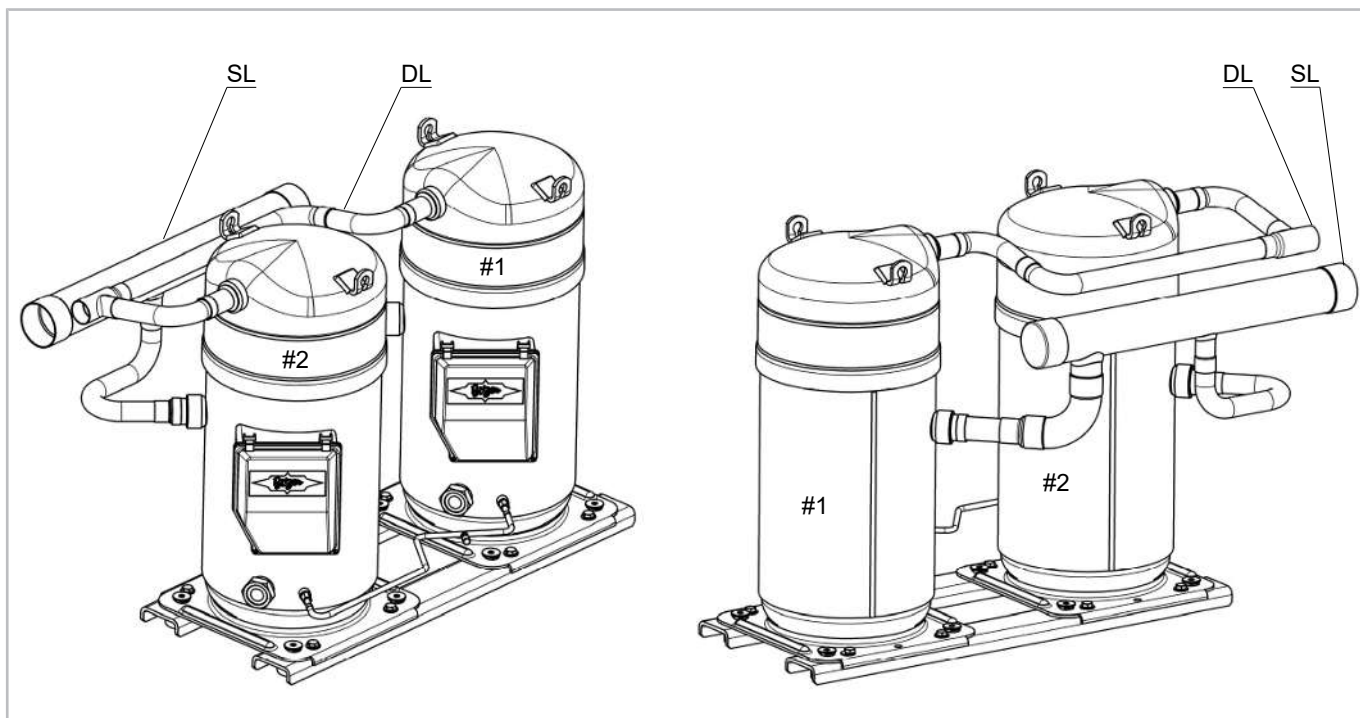


Рис. 5: Пример равного или неравного тандем объединения компрессоров ORBIT 8 с BITZER Advanced Header Technology (горизонтальный ВАНТ header).

SL: Линия всасывания

DL: Линия нагнетания

#1 .. #2: Компрессоры № 1 .. 2.

Компрессор № 1 является ведущим компрессором.

ORBIT 6 / ORBIT 8 тандем

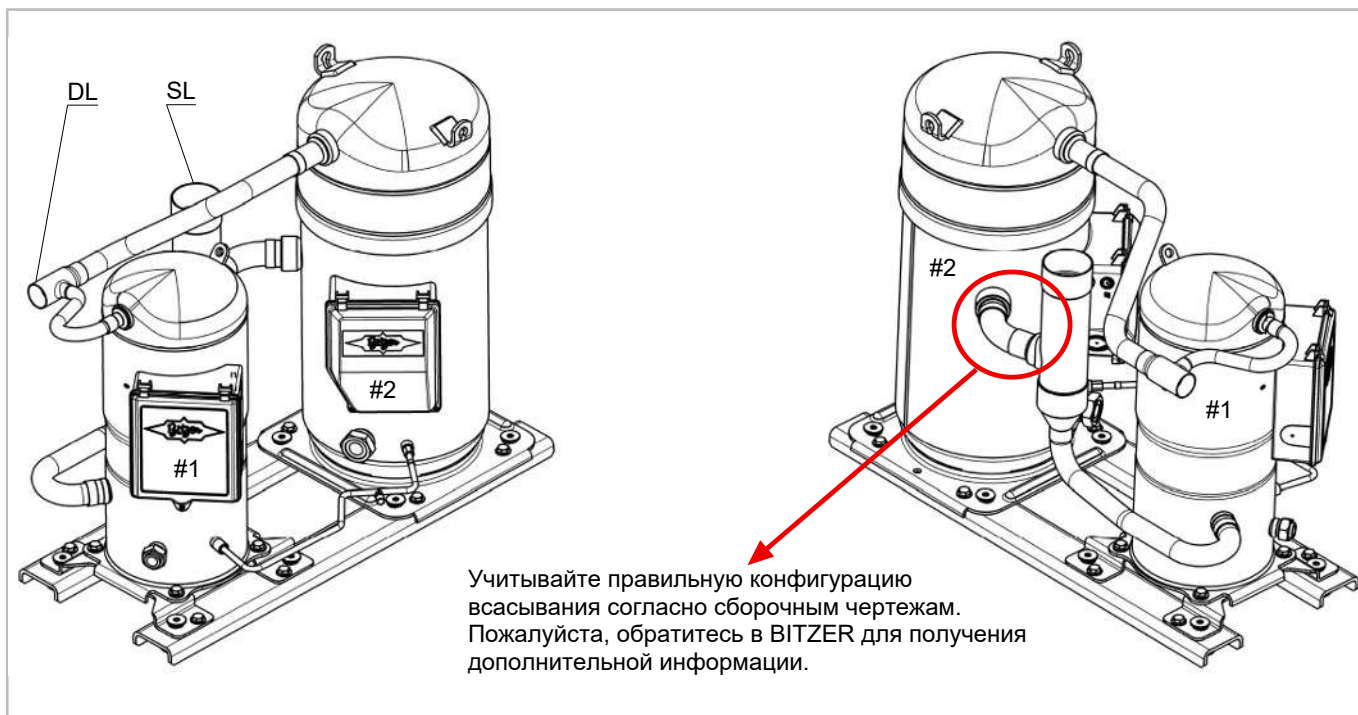


Рис. 6: Пример смешанного тандем объединения ORBIT 6 и компрессоров ORBIT 8 с BITZER Advanced Header Technology (вертикальный ВАНТ header)

SL: Линия всасывания

DL: Линия нагнетания

#1 .. #2: Компрессоры № 1 .. 2

Компрессор № 1 является ведущим компрессором.

ORBIT 6 трио

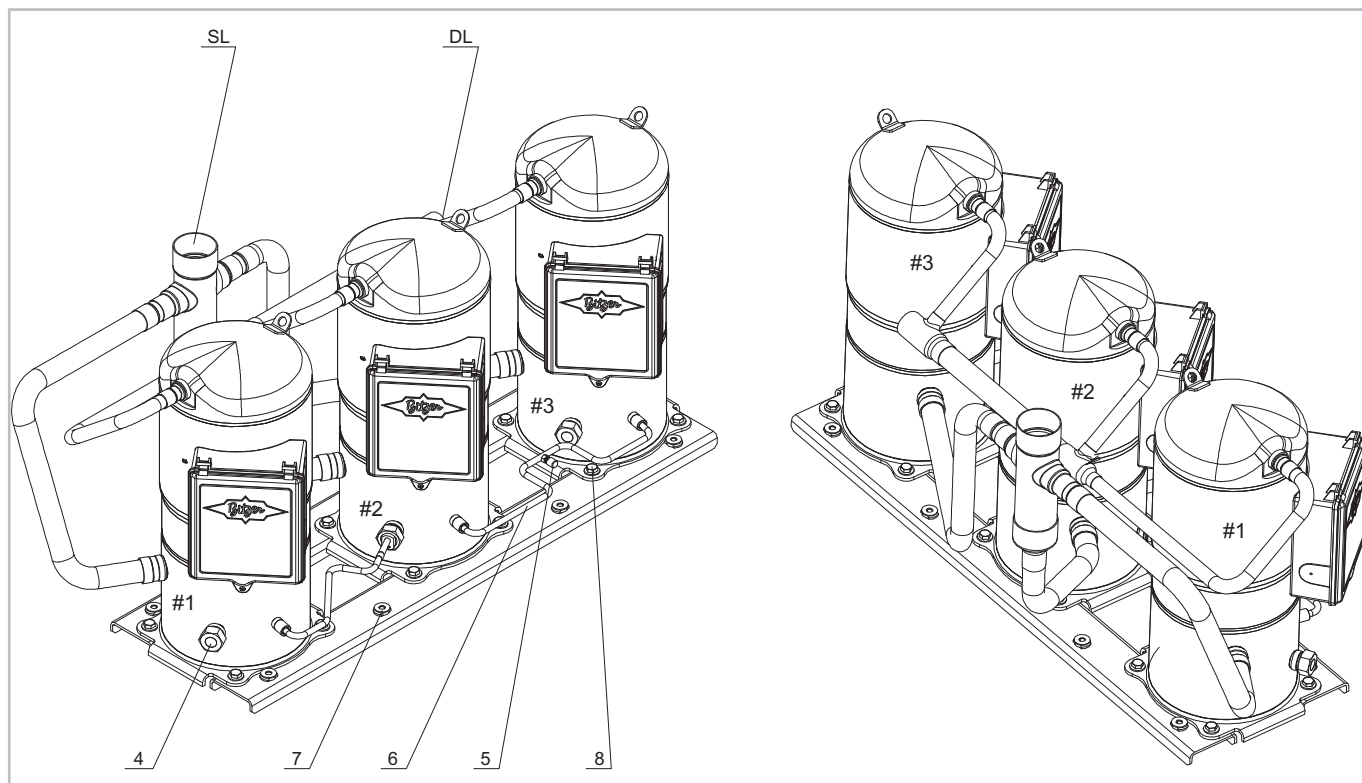


Рис. 7: Пример равного трио объединения компрессоров ORBIT 6 с BITZER Advanced Header Technology (вертикальный BAHT header)

SL: Линия всасывания

DL: Линия нагнетания

#1 .. #3: Компрессоры № 1 .. 3

Компрессор № 2 является ведущим компрессором.

4: Смотровое стекло

5: Присоединение для масла

6: Линия выравнивания масла

7: Монтажное положение для гасителей вибрации

8: Монтажное положение для тандем и трио крепежных рельс

Замена компрессоров в тандеме или трио

При замене компрессора в тандеме или трио, имеющих в составе компрессоры ORBIT с обозначением конструкции 1 (идентифицируются по последней цифре кода мотора, например, GSU80295VAB431), практически все компрессоры ORBIT с обозначением конструкции 2 являются обратно совместимыми. Единственным исключением является компрессор **GSD80485V.2**: Если эта модель используется в тандеме или в трио с компрессорами с обозначением конструкции 1, необходимо установить шайбу-рестриктор во всасывающий патрубок GSD80485V.2:

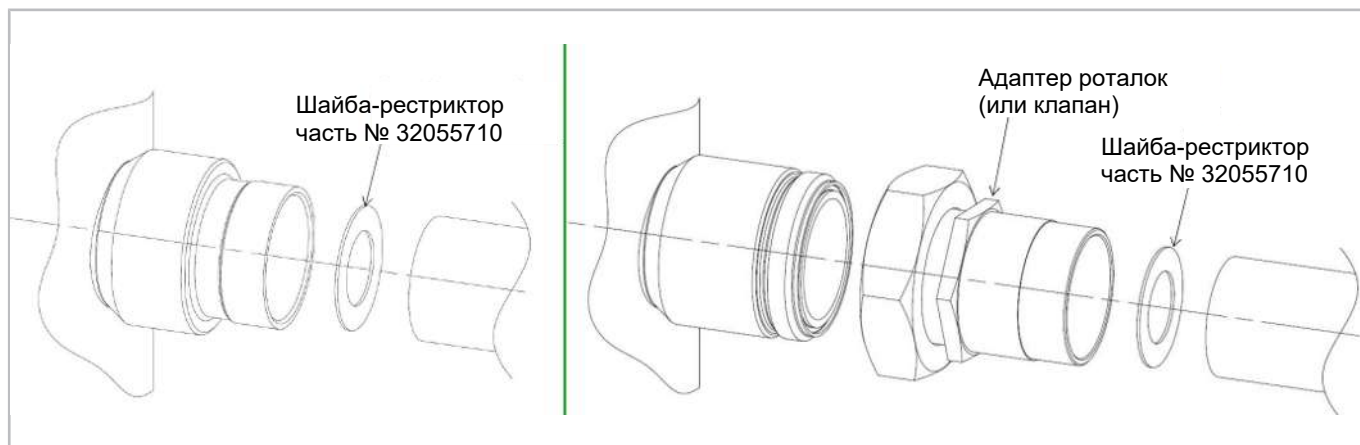


Рис. 8: Шайба-рестриктор во всасывающем патрубке в случае использования компрессора GSD80485V.2 в тандеме или трио с компрессорами с обозначением конструкции 1.

4.1 Проверка адекватного уровня масла

Наиболее распространенным методом определения необходимости добавления масла в компрессор является наблюдение за смотровыми стеклами.

- В тандем/трио агрегатах ORBIT 6 и 8, или в смешанных тандамах ORBIT 6 с ORBIT 8, уровень масла можно контролировать непосредственно по смотровым стеклам каждого компрессора.
- В трио ORBIT 8, смотровое стекло имеется в самой линии выравнивания уровня масла.

Во время ввода в эксплуатацию технический специалист может наблюдать за уровнем масла в смотровых стеклах и определять, нужно ли доливать масло в компрессор (см. рисунок 7, Страница 58).

Уровень масла следует проверять перед пуском, после первоначального запуска, во время нормальной работы, а также периодически на выключенной системе, чтобы убедиться, что он находится в допустимых пределах.

Перед вводом системы в эксплуатацию

В случае тандем и трио объединения все компрессоры должны быть жестко закреплены на рельсах и размещены на ровной поверхности, чтобы линия выравнивания масла находилась как можно более горизонтально для надежной работы. После монтажа компрессоров и подсоединения всех труб уровень масла должен составлять не менее 1/2 смотрового стекла, как показано на следующем рисунке. Если уровень масла не виден, рекомендуемый тип масла должен быть добавлен в один из компрессоров через присоединение для масла, пока уровень масла не достигнет 2/3 смотрового стекла. Эта процедура точно такая же, как и для одиночного спирального компрессора, см.:

- ESB-130: Инструкция по эксплуатации Герметичные спиральные компрессоры ORBIT 6 и ORBIT 8

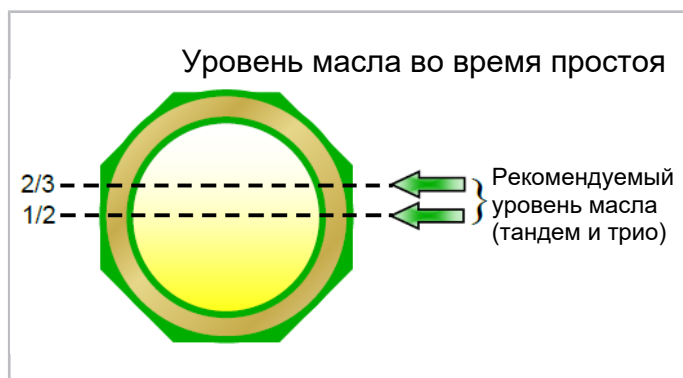


Рис. 9: Смотровое стекло, показывает рекомендуемый уровень масла перед пуском системы

Компрессоры заправлены маслом на заводе. Таким образом, в большинстве компактных системах начальной заправки компрессорного масла должно быть достаточно. Однако дополнительное масло может потребоваться в следующих случаях:

- системы с длинными трубопроводами >20 m
- системы с отделителями жидкости на всасывании
- системы, склонные к скоплению масла в испарителе во время продолжительной работы с низкой нагрузкой
- системы с потенциально большим изменением массового расхода, что в свою очередь может привести к большому скоплению масла в системе



УВЕДОМЛЕНИЕ

Риск повреждения компрессора!

Спиральные компрессоры BITZER могут эксплуатироваться только с указанными оригинальными маслами BITZER!



УВЕДОМЛЕНИЕ

Масло с высоким содержанием воды может повредить компрессор и систему охлаждения!

Избегайте попадания воздуха в систему и емкости с маслом.

Используйте только оригинальные герметичные банки с маслом. Вскрытую тару с маслом следует плотно закрыть, а ее содержимое использовать как можно быстрее.

Для отработанных масел: Соблюдайте предупреждающие значения по содержанию воды.

Дополнительную информацию по маслам для спиральных компрессоров см.:

- *EST-500*: Холодильные компрессорные масла BITZER для спиральных компрессоров, стационарные применения (ORBIT, ESH7)

Ввод в эксплуатацию

Ввод в эксплуатацию является очень важным периодом для любого компрессора, поскольку все нагруженные поверхности являются новыми и требуют короткого периода обкатки, чтобы выдерживать высокие нагрузки в неблагоприятных условиях. Подогреватель масла должен быть включен как минимум за 12 ч до пуска компрессора – это предотвращает повышенное растворение хладагента в масле и стресс подшипников при первом пуске. Задействуйте подогреватель масла во время циклов отключения компрессора.

Дайте системе поработать не менее 1 h при номинальных условиях. Уровень масла может колебаться во время работы:

- Во время работы минимальный уровень масла на уровне 1/4 смотрового стекла является допустимым для одиночных компрессоров,
- для ВАНТ ведущего компрессора (пояснение: *Тандем и Трио*), видимый уровень масла в нижней части смотрового стекла также допустим при эксплуатации.

Обратитесь в BITZER за чертежами ORBIT 6 и ORBIT 8 тандем и трио. Они указывают на ведущий компрессор, так как правильное положение компрессора имеет важное значение для функционирования ВАНТ.

Ориентировочные значения уровня масла во время работы

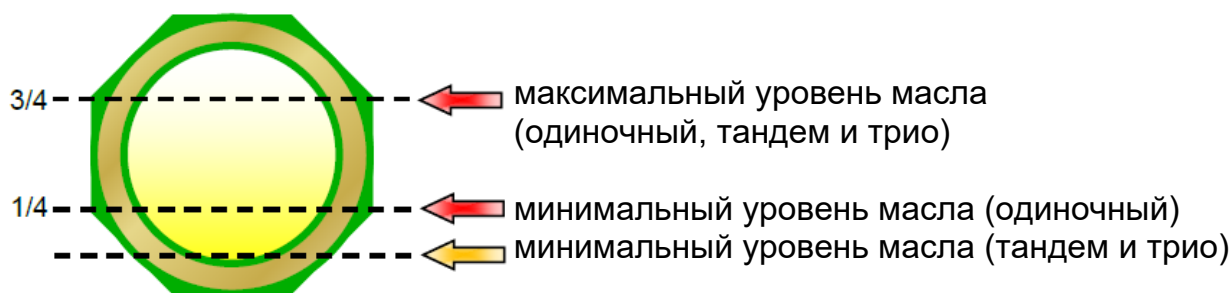


Рис. 10: Смотровое стекло для контроля уровня масла во время работы системы

После работы при номинальных условиях не менее 1 h выключите систему. Подождите 5 min, пока не накопится уровень масла, и проверьте его по приведенному выше рисунку для остановленной системы (*см. рисунок 9, Страница 59*). Компрессоры могут терять некоторое количество масла во время нормальной работы, потому что часть его неизбежно уносится из компрессоров с нагнетаемым газом. Если трубопроводы хладагента имеют правильный размер и конфигурацию, это масло в конечном итоге вернется в компрессоры, но часть его всегда будет циркулировать с хладагентом. При вводе в эксплуатацию новой системы может потребоваться дозаправка масла для компенсации циркулирующего масла, в основном в масляных карманах и компонентах, таких как отделитель жидкости на всасывании и ресивер жидкости. Уровень масла следует проверить при максимальном и минимальном массовом расходе системы.

- При максимальном массовом расходе большая часть масла циркулирует в системе, поэтому в компрессоре должно быть достаточно масла.
- При минимальном массовом расходе масло все равно должно возвращаться из системы, хоть оно и транспортируется с низкой скоростью и силой.

Если уровень масла слишком низкий после этих проверок и 5 минут простоя, добавьте немного масла, чтобы достичь рекомендуемого уровня масла в соответствии с приведенным выше рисунком для остановленной системы (*см. рисунок 9, Страница 59*).

После дозаправки дополнительного масла запустите компрессоры на 20 min. Во время работы, второй рисунок (*см. рисунок 10, Страница 61*) можно использовать в качестве ориентира для оценки возврата масла.

Отключите систему, чтобы еще раз проверить уровень масла в состоянии покоя в соответствии с первым рисунком (*см. рисунок 9, Страница 59*). Компрессоры должны быть выключены при проверке уровня масла – эталонный уровень во время работы (*см. рисунок 10, Страница 61*) является просто ориентиром. При использовании ВАНТ с тандемами и трио, уровень масла может находиться выше смотрового стекла в системах, где было добавлено много масла. Если уже было добавлено определенное количество масла, а уровень масла в смотровом стекле продолжает снижаться, возврат масла в систему недостаточен. Необходимо проверить возможные причины отсутствия масла в компрессорах, некоторые примеры объясняются ниже.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Слив масла может потребоваться при замене компрессоров.

При замене компрессора в системе, масло уже находится в системе, поэтому может потребоваться слив части заправленного масла. При наличии большого количества масла в системе также существует риск гидравлического удара при пуске. Обеспечьте уровень масла в пределах рекомендуемого диапазона смотрового стекла.

4.2 Причины уноса масла

Существует несколько возможных причин уноса масла из компрессора. Некоторые распространенные причины, которых следует избегать:

Несоответствующие трубопроводы хладагента

Система должна иметь достаточный размер линий нагнетания газа, всасываемого газа и жидкости, для предотвращения чрезмерного падения давления, но при этом диаметры должны быть достаточно малы, чтобы поддерживать достаточную скорость хладагента для возврата масла в компрессор. Падение давления должно быть меньше, чем соответствующее 1 K (2° F) при температуре насыщения.

Раздельная восходящая линия обладает возможностью работы с восходящей линией меньшего диаметра при минимальной нагрузке, обеспечивая при этом примерно такой же перепад давления, как и полноразмерная линия при полной нагрузке. Размер меньшей восходящей линии обеспечивает возврат масла при минимальной производительности; большая восходящая линия имеет такие размеры, чтобы объединение проходных сечений обеих этих линий приблизительно равнялось площади основного трубопровода на всасывании.

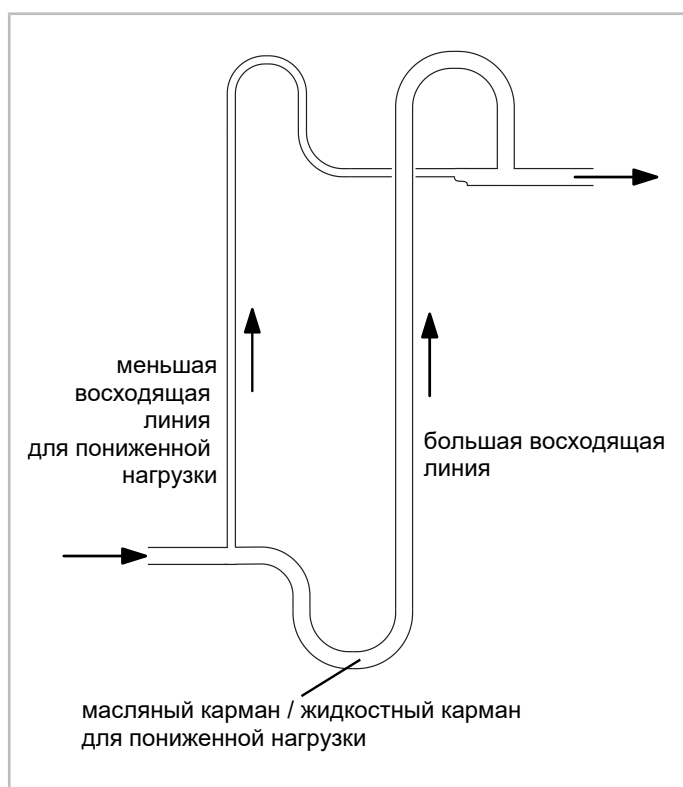


Рис. 11: Раздельная восходящая линия для частичной нагрузки для систем с регулированием производительности: при малой производительности (сниженной нагрузке) масло скапливается и блокирует линию большего диаметра, при этом используется только линия меньшего диаметра. При высокой производительности (полной нагрузке) обе линии возвращают хладагент и масло обратно в компрессор.

Линии всасывания более критичны, чем линии жидкости и нагнетания газа с точки зрения проектирования. Размеры линий хладагента должны обеспечивать минимальный перепад давления при полной нагрузке и возврат масла из испарителя в компрессор при минимальной нагрузке.

При работе с внешним преобразователем частоты необходимо провести квалификационные испытания, чтобы обеспечить достаточную скорость газа при минимальной скорости и массовом расходе, которые могут возникнуть при работе с малой нагрузкой, что может привести к дальнейшему снижению скорости газа ниже ранее ожидаемых уровней.

Работа в цикле



УВЕДОМЛЕНИЕ

Риск отказа мотора!

Логика управления вышестоящего системного контроллера должна соответствовать указанным требованиям в любом случае.

В течение длительных периодов работы в цикле масло уносится из компрессоров в систему с большей скоростью, чем скорость возврата, что соответственно приводит к снижению уровня масла в компрессорах. Для обеспечения оптимальной смазки внутренних частей компрессора, а также хорошего возврата масла, компрессоры ORBIT следует запускать макс. 8 раз в час и оставаться в работе в течение минимального времени, см. Инструкцию по эксплуатации *ESB-130*. Эксплуатация компрессора в цикле (например, для поддержания очень жесткого контроля температуры) может привести к постепенному уносу масла и повреждению компрессора.

При каждом пуске компрессора давление всасывания и, следовательно, давление в картере быстро снижается. Падение давления снижает температуру насыщения, в результате чего смесь масла и хладагента испаряется с образованием пены и пара. При частых пусках часть масла может выноситься из компрессора. Если компрессор работает достаточное время для стабилизации системы, масло вернется в компрессор, но если время работы очень мало, масло будет оставаться в системе. Если этот цикл повторяется, масло будет постепенно уходить из компрессора, что приведет к недостаточному количеству масла в картере для обеспечения надежной работы.

Работа в цикле имеет много причин. например, малая заправка хладагентом, прессостат низкого давления с узкой настройкой дифференциала, условия минимальной нагрузки и т. д. Все это сопровождается низким массовым расходом хладагента, что, в свою очередь, приводит к снижению скорости газа и плохому возврату масла из системы. В случае быстрых изменений нагрузки, вызывающих частые пуски и остановки, цикличность можно устранить с помощью регулирования производительности (например, внешнего преобразователя частоты).

Жидкий хладагент поступает в компрессор

Одной из основных причин отказа компрессора является повреждение, вызванное попаданием в компрессор большого количества жидкого хладагента. Это снижает уровень масла и качество смазки подшипников компрессора. Объем жидкости, который может выдержать компрессор, зависит от его конструкции, внутреннего объема и заправки маслом. Следует избегать миграции жидкости, залива и гидравлического удара с помощью средств, которые зависят от конструкции системы и конкретной проблемы. Рекомендуется использовать подогреватель масла, на остановленном компрессоре, чтобы предотвратить обратную миграцию хладагента в компрессор и растворение с маслом.

После монтажа и ввода в эксплуатацию, систему охлаждения необходимо отрегулировать. Проверка и настройка элементов управления при вводе в эксплуатацию важны для обеспечения эффективной работы и длительного срока службы системы.