

KT-600-8

Parallelverbund von BITZER Hubkolbenverdichtern

Deutsch 2

Parallel compounding of BITZER reciprocating compressors

English..... 27

Installation de compresseurs à piston BITZER en parallèle

Français..... 52

Batería de compresores a pistón en paralelo de BITZER

Español 79

Параллельное соединение поршневых компрессоров BITZER

Русский 107

2KES .. 8FE

4PTC .. 4CTC

22EES .. 66FE

4PTEU .. 6CTEU

2DES-3.F1 .. 4NE-20.F4

4PTC-7.F3 .. 4KTC-10.F4

S4T-5.2 .. S6F-30.2

S66J-32.2 .. S66F-60.2

S6H.2 .. S6F.2

2T.2 .. 6F.2

2NSL .. 4NSL

2MME .. 8VME

2MTE .. 8CTE

PDF Download // 05.2025

Änderungen vorbehalten

Subject to change

Toutes modifications réservées

Sujeto a modificaciones

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	4
3	Auswahl von Verdichter und Zubehör	5
3.1	Auswahl mit der BITZER Software.....	7
4	Schäden durch kritische Rohrlängen vermeiden.....	10
5	Ölmanagement	11
5.1	Öl- und Gasausgleich zwischen Kurbelgehäusen.....	11
5.2	Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor	12
5.3	Parallelverbund mit Ölniveaureglern	18
5.3.1	Ölniveauregler OLM-IQ.....	22
6	Weitere Komponenten der Kälteanlage	23
7	Sicherheitseinrichtungen und Anlagensteuerung	24
8	Verdichter aufstellen.....	26
9	In Betrieb nehmen	26

1 Einleitung

In einem Parallelverbund sind mehrere Verdichter in einem gemeinsamen Kältekreislauf kombiniert. Die Anlagen sind häufig komplex und stellen spezielle Anforderungen, v.a. hinsichtlich Ölrückführung, Ölverteilung zwischen den Verdichtern und Anlagensteuerung. Dieses Dokument umfasst deshalb wichtige Hinweise zur Planung und Ausführung. Zusätzlich müssen anlagenbedingte Kriterien sowie besondere Vorgaben der Hersteller von Zusatzkomponenten (z.B. Ölabscheider, Ölniveauregler) berücksichtigt werden, bei Bedarf sind Auslegung und Zubehör anzupassen.

Im übrigen sind die anerkannten Regeln der Technik und die jeweils gültigen Sicherheitsbestimmungen einzuhalten.

Kältemittel

Dieses Dokument betrachtet Verbundanlagen mit HFKW- und HFO-Kältemitteln sowie R744. Für Verbundanlagen mit R717 (NH₃) siehe Technische Information [AT-640](#).

Zusätzlich folgende technische Dokumente beachten

- [KB-100](#): Betriebsanleitung Halbhermetische einstufige Hubkolbenverdichter
- [KB-120](#): Betriebsanleitung Halbhermetische Hubkolbenverdichter für subkritische R744-Anwendungen
- [KB-130](#): Betriebsanleitung Halbhermetische Hubkolbenverdichter für transkritische R744-Anwendungen
- [KB-150](#): Betriebsanleitung Halbhermetische 2-stufige Hubkolbenverdichter
- [KB-520](#): Betriebsanleitung Offene Hubkolbenverdichter 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- [CB-110](#) und [CB-111](#): Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter
- [AT-640](#): Einsatz von Ammoniak (R717) mit BITZER Verdichtern
- [AT-744](#): Anwendungsleitfaden zum Einsatz von R744

Vorteile eines Parallelverbunds

Gesichtspunkte für oder gegen den Parallelverbund sind zu unterschiedlich für eine pauschale Bewertung – es gibt jedoch eine Reihe vorteilhafter Merkmale:

- optimale Leistungsanpassung an den Bedarf, v.a. bei zusätzlicher Leistungsregelung der Verdichter (CRII-System oder Frequenzumrichter)
- geringe Netzbelastung beim Anlauf durch stufenweises Einschalten der Verdichter
- bei Ausfall eines Verdichters oder Frequenzumrichters kann der Anlagenbetrieb zunächst aufrechterhalten werden
- bei weitverzweigten Anlagen einfachere und kostengünstigere Rohrinstallation im Vergleich zu getrennten Kältekreisläufen

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!

3 Auswahl von Verdichter und Zubehör

Verdichterauswahl und Leistungsabstufung

Für die Auslegung des Parallelverbunds muss die nötige Leistung genau beurteilt werden:

- Leistungsbedarf bei höchster Last (Auslegungsbedingungen)
- Leistungsbedarf bei geringster Last (Nachtbetrieb, Betrieb außerhalb von Öffnungszeiten z.B. bei Supermärkten, reduzierter Kältebedarf und niedrige Verflüssigungstemperatur bei geringen Außentemperaturen, ...)
- Anzahl der gleichzeitig betriebenen Verdampfer

Da jeder Verdampfer einen unterschiedlichen Einfluss auf die Gesamtlast haben kann, sind ggf. die einzelnen Lasten danach zu gewichten, wie viel sie über eine bestimmte Betriebsdauer zur Gesamtlast beitragen. Mit intelligenter Regelung ist aber eine Lastverteilung so möglich, dass sich der Kältebedarf nicht drastisch ändert.

Die beste Regelgüte wird erzielt, wenn der Verbund den Kältebedarf durch quasi stufenloses Variieren der Kälteleistung zwischen Minimum und Maximum abdecken kann. Ein zu geringer Regelbereich und bedeutsame Last- oder Leistungsänderungen führen zu Instabilität des Gesamtsystems. Verdichter mit variabler Drehzahl oder feinstufiger mechanischer Leistungsregelung (z.B. CRII) sind sinnvoll für eine stabile Prozessregelung, sofern der Regelbereich zumindest eines Verdichters die Leistungslücken abdecken kann, die von anderen Verdichtern beim Ein- und Ausschalten hervorgerufen werden.

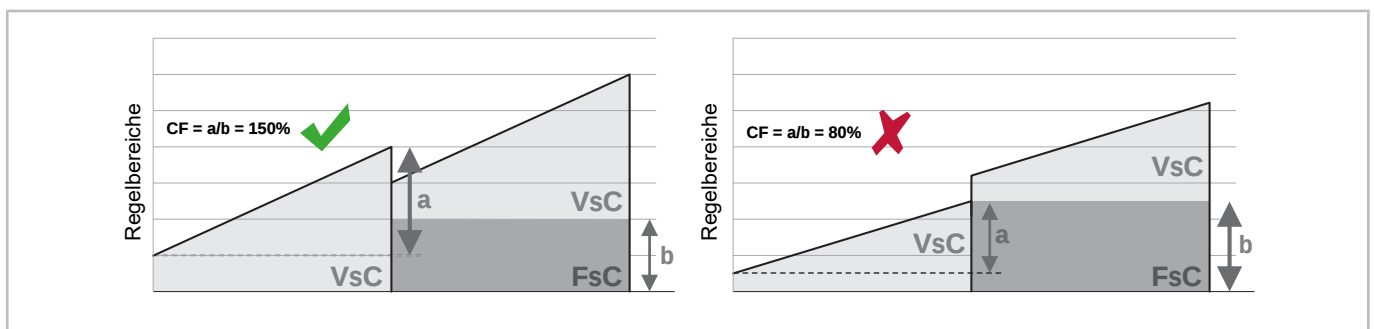


Abb. 2: Beispiele für die Regelgüte eines Parallelverbunds mit 2 Verdichtern (Quelle: ASERCOM)

VsC: Verdichter mit variabler Drehzahl

FsC: Verdichter mit fester Drehzahl

CF: Regelgüte in %

Weitere Informationen zur optimierten Auswahl von Verdichtern und deren Leistungsregelung siehe ASERCOM *"Leitlinie für die Auslegung von Verbundsätzen mit frequenzgeregelten Verdichtern"* (Kapitel 2).

Mehrstufige Kälteanlagen

Eine Leistungsregelung ist für moderne Kälteanlagen unverzichtbar, v.a. für Kältemittel mit hohen Ansaugdrücken und volumetrischen Kälteleistungen. Ziele sind:

- Abdeckung auch geringer Mindestlasten, vorzugsweise ohne Ein-Aus-Schaltung
- eine hohe Regelgüte (CF) mit minimalen Leistungsänderungen pro Stufe
- Kostenreduzierung, z.B. durch höhere Leistung bei geringerer Zahl von Verdichtern
- geringe Vielfalt der verwendeten Verdichter
- Betriebssicherheit

Die gegensätzlichen Anforderungen führen manchmal zu Laststufen mit vielen Ein-Aus-Zyklen und instabilen (schwankenden) Betriebszuständen, die durch geringe Regelgüte entstehen. Dies kann zu reduziertem Wirkungsgrad, Nassbetrieb, schwankendem Regelkreis, ungünstigen Betriebsbedingungen für die Verdichter, schlechter Temperaturregelung und Produktqualität führen.

Ergänzend zum obigen Beispiel einer einstufigen Kälteanlage kann es daher hilfreich sein, die Regelgüte einer mehrstufigen Kälteanlage (Normal- und Tiefkühlung) nach der folgenden Methode zu berechnen. Sie trägt dem

Trend der Industrie Rechnung, dass immer weniger Verdichter pro Sauggruppe oder Temperaturstufe eingesetzt werden, und soll die gegensätzlichen Anforderungen kombinieren: Hohe Regelgüte, Abdeckung minimaler Lastzustände und Bewertung der gesamten Anlage. Erreicht wird dies durch die gesonderte Bewertung der Tiefkühlstufe (LT) und der Mindestlast der Normalkühlstufe (MT).

$$CF_{MT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (1)$$

$$CF_{MT\ min} = \frac{Q_{o\ MT\ max} - Q_{o\ MT\ min}}{Q_{o\ MT\ max}} \quad (2)$$

$$CF_{LT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (3)$$

$$CF_{System} = CF_{MT\ nom} + CF_{MT\ min} + CF_{LT\ nom} \quad (4)$$

Abb. 3: Berechnung der Gesamt-Regelgüte CF_{System} einer mehrstufigen Kälteanlage:

$Q_{VsC\ max}$: Kälteleistung des Verdichters mit variabler Drehzahl bei maximaler Drehzahl

$Q_{VsC\ min}$: Kälteleistung des Verdichters mit variabler Drehzahl bei minimaler Drehzahl

Q_{FsC} : Minimale Kälteleistung des Verdichters mit fester Drehzahl (ggf. unter Berücksichtigung der Leistungsregelung)

nom: nominelle Leistung unter Auslegungsbedingungen

min: minimale Leistung unter Auslegungsbedingungen

In einem ersten Schritt (Formel 1 und 3) werden die Regelfaktoren für die Normal- (MT) und die Tiefkühlstufe (LT) berechnet wie in der ASER-COM Leitlinie beschrieben.

Zusätzlich berechnet Formel 2 die Fähigkeit, die Mindestlast der Normalkühlstufe abzudecken. Dafür werden Standardbedingungen ohne Tiefkühllast angenommen (d.h. nur Normalkühlung, der Verdichter der Tiefkühlstufe ist rechnerisch ausgeschaltet).

Im letzten Schritt (Formel 4) wird CF_{System} als Summe der einzelnen CF berechnet.

Die endgültige Bewertung unterscheidet 5 Kategorien der Regelgüte CF:

Regelgüte CF	Bewertung
$CF \geq 3$	ausgezeichnet
$3 > CF \geq 2,5$	gut
$2,5 > CF \geq 1,95$	akzeptabel
$1,95 > CF \geq 1,55$	ungünstig
$CF < 1,55$	inakzeptabel

Diese Berechnung des CF ist auch anwendbar, wenn keiner der Verdichter leistungsgeregelt ist. In diesem Fall hat der betreffende Term den Wert Null, was die Gesamt-Regelgüte CF_{System} deutlich reduziert.

Tandemverdichter

Der Tandemverdichter ist die einfachste Version eines Parallelverbunds zweier Verdichter. Durch die gemeinsame großvolumige Saugkammer ist in der Regel eine gleichmäßige Ölverteilung gewährleistet. Für optimalen Ölhaushalt und hohe Lebensdauer sollte jedoch generell eine Steuerung mit automatischer Grundlastumschaltung vorgesehen werden, die auch eine ausreichende Mindestlaufzeit der beiden Verdichter gewährleistet. Kurzzeitbetrieb erhöht den Ölwurf und mindert die Lebensdauer.

Eine feinstufige Leistungsanpassung ist durch Ein- und Ausschalten der beiden Verdichter in Kombination mit Leistungsreglern (Zylinderabschaltung – CRII) möglich. Drehzahlregelung (nur) einer Verdichterseite ist eine Alternative. Auch hier ist Grundlastumschaltung zu empfehlen, wobei der Frequenzumrichter durch elektrische Umsteuerung wechselweise dem Grundlastverdichter zugeordnet werden sollte.

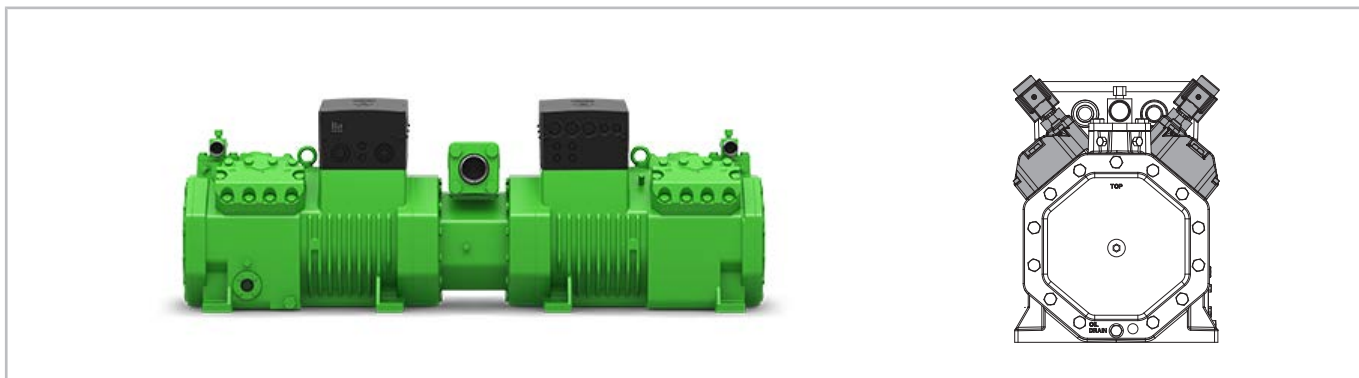


Abb. 4: 4+4-Zylinder ECOLINE Tandemverdichter. Links Seitenansicht, rechts Ansicht auf Lagerdeckel, grau: CR11-Leistungsregelung

Zusatzkühlung

Bei Verbundanlagen sind Verdichter und Verflüssiger häufig getrennt voneinander aufgestellt. Je nach Bedingungen kann daher eine Zusatzkühlung nötig sein (siehe Einsatzgrenzen) - entweder mit

- Luft (Zusatzventilator)
- und / oder elektronisch geregelter Kältemitelein-spritzung (RI)
- oder Wasser (wassergekühlte Zylinderköpfe bei Verdichtern 4JE .. 4FE , 6JE .. 6FE).

Beim Abschalten eines Verdichters muss jeweils auch dessen Zusatzkühlung abgeschaltet werden. Dies geschieht beim Ventilator durch einfache Koppelung von Verdichter- und Ventilatorschütz. Bei Einsatz eines elektronischen Verdichterm-moduls CM-RC wird der Zusatzventilator bei Bedarf nach der Druckgastemperatur gesteuert. Dem wassergekühlten Zylinderkopf muss ein Magnetventil vorgeschaltet werden, das den Wasserfluss bei Stillstand des Verdichters absperrt. Eine ständig eingeschaltete Zusatzkühlung erhöht das Risiko für Kältemittelverflüssigung im Zylinderkopf und mindert die Wirkung der Ölheizung. Das kann zu starker Anreicherung des Öls mit Kältemittel führen.

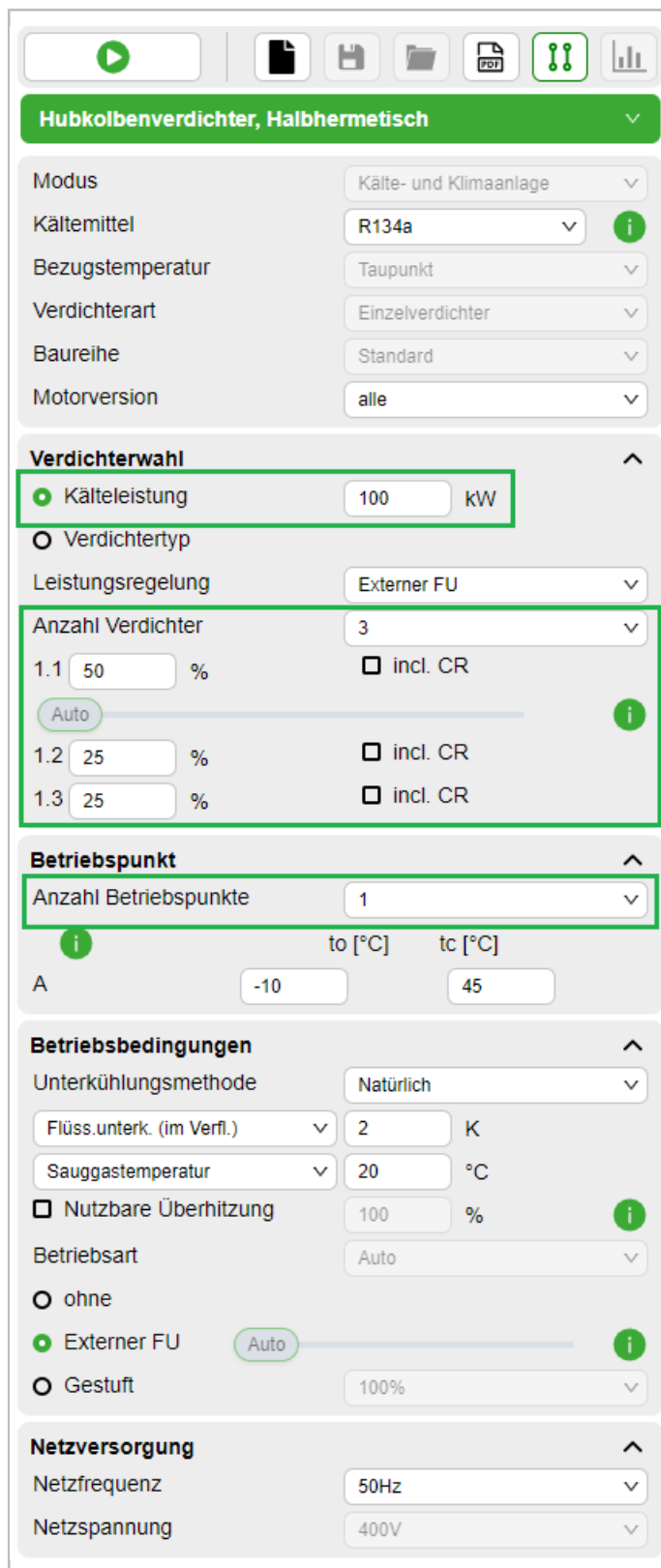
3.1 Auswahl mit der BITZER Software

In der BITZER Software lassen sich Verbundanlagen für halbhermetische, offene und 2-stufige Hubkolbenverdichter auslegen. Hier ist das Vorgehen an einem Beispiel dargestellt:

Kältemittel	R134a
Kälteleistung 3 Verdichter	100 kW
Betriebsbedingungen	$t_o = -10^{\circ}\text{C}$ $t_c = 45^{\circ}\text{C}$ $t_{oh} = 20^{\circ}\text{C}$
Netzbedingungen	400 V / 3 / 50 Hz
Leistungsregelung	Verdichter 1 mit Frequenzumrichter und 50% der Leistung, Verdichter 2 und 3 mit jeweils 25%

Tab. 1: Rahmenbedingungen für Berechnungsbeispiel in der BITZER Software. Die Verdampfer sind jeweils mit einem inneren Wärmeüber-träger bestückt.

1. Schaltfläche  anklicken, Rahmenbedingungen auswählen oder eingeben und anschließend Berechnung durch klicken auf die Schaltfläche  starten



Hubkolbenverdichter, Halbhermetisch

Modus: Kälte- und Klimaanlage

Kältemittel: R134a

Bezugstemperatur: Taupunkt

Verdichterart: Einzelverdichter

Baureihe: Standard

Motorversion: alle

Verdichterwahl

☒ Kälteleistung: 100 kW

☐ Verdichtertyp

Leistungsregelung: Externer FU

Anzahl Verdichter: 3

1.1: 50 % ☐ incl. CR

Auto

1.2: 25 % ☐ incl. CR

1.3: 25 % ☐ incl. CR

Betriebspunkt

Anzahl Betriebspunkte: 1

to [°C]: -10 tc [°C]: 45

Betriebsbedingungen

Unter kühlungs methode: Natürlich

Flüss. unterk. (im Verfl.): 2 K

Sauggastemperatur: 20 °C

☐ Nutzbare Überhitzung: 100 %

Betriebsart: Auto

☐ ohne

☒ Externer FU: Auto

☐ Gestuft: 100%

Netzversorgung

Netzfrequenz: 50Hz

Netzspannung: 400V

Abb. 5: Auslegung Verbundanlagen für Hubkolbenverdichter in der BITZER Software.



Information

Das Zubehörmolul wird erst nach einer zuvor erfolgten Berechnung aktiv!

Das Zubehörfenster öffnet sich und schlägt einen VARIPACK Frequenzumrichter für Verdichter 1 und einen gemeinsamen Sammler für alle 3 Verdichter vor.

4 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. 2: 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. 7: L_{kr} : kritische Rohrlänge in m

c: Schallgeschwindigkeit in m/s

Beispiel für Schraubenverdichter mit Frequenzumrichter:

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

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

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

Beispiel für 4-Zylinder-Hubkolbenverdichter mit Frequenzumrichter:

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

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

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

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.

5 Ölmanagement

5.1 Öl- und Gasausgleich zwischen Kurbelgehäusen

Bei Verdichtern kleiner bis mittlerer Leistung wurde bisher häufig ein Öl- und Gasausgleich zwischen den Kurbelgehäusen gewählt. Dies ist kostengünstig, hat aber entscheidende Nachteile: Wegen der Rohrverbindung zwischen den Kurbelgehäusen werden auch abgeschaltete Verdichter stetig von Sauggas (im Bypass) durchströmt. Bei ungünstigen Verhältnissen kann dadurch Öl in die Verdichter verlagert werden, die in Betrieb sind. Das kann zu Störungen des Ölhaushalts und zu Verdichterschäden führen – bereits ein Druckunterschied von $0,01 \text{ bar}$ entspricht einer Ölniveaudifferenz von ca. 11 cm . Daher werden v.a. die unten beschriebenen Methoden empfohlen (*Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor*, *Parallelverbund mit Ölniveaureglern*).

Das Durchströmen der abgeschalteten Verdichter mit gasförmigem Kältemittel kann sehr leicht zum Auswaschen von Öl aus den Lagern der Kurbelwelle und der Pleuel führen und damit zu Verdichterschäden. Das Auswaschen ist stark abhängig vom Kältemittel sowie von der Regelung des Parallelverbunds. Kältemittelgemische mit ungesättigten Bestandteilen (HFO), reine HFO und Kohlenwasserstoffe wie R290, R600a, R1270 waschen stark aus. Auch die Steuerung der Lauf- und Stillstandzeiten der Verdichter hat einen Einfluss. Der Öl- und Gasausgleich kann daher nur eingesetzt werden bei Kältemitteln und Anlagensteuerungen, mit denen der Hersteller der Kälteanlage gute Erfahrungen hat.

BITZER Verdichter der Serien BE5 und BE6 (4JE-13 .. 6FE-50) können mit getrennten, reichlich dimensionierten Öl- und Gasausgleichsleitungen zwischen den Kurbelgehäusen ausgeführt werden. Entsprechende Anschlüsse sind serienmäßig vorhanden (siehe Betriebsanleitung *KB-100*) und geeignete Adapter als Zubehör lieferbar. Die Verbindungsleitungen sollten so kurz wie möglich gehalten werden. Abweichungen von der exakt geraden waagrecht Verbindung durch leichte Bögen sind in der Gasausgleichsleitung nur nach oben, in der Ölausgleichsleitung nur nach unten erlaubt. Aber auch diese Variante ist mit Blick auf die Anmerkungen oben eher für Anlagen geeignet, die (gestützt auf Praxiserfahrung und Prüfungen) entweder serienmäßig oder zumindest wiederkehrend gebaut werden.

5.2 Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor

Diese Variante wurde bisher v.a. in fabrikmäßig gefertigten Flüssigkeitskühlsätzen oder speziell erprobten Anlagen eingesetzt. Damit ist eine direkte Ölverlagerung zwischen den Verdichtern zwar ausgeschlossen, aber die gleichmäßige Ölverteilung erfordert spezielle Maßnahmen und Voraussetzungen.

Das interne Ölumlaufsystem der Verdichter ist so konstruiert, dass sich der Ölwurf abhängig vom Ölniveau im Kurbelgehäuse ändert. Mit einem optimierten Saugkollektor **und** intelligenter Verbundanlagensteuerung führt dies zu einem Selbstregeleffekt.

Allgemeine Anforderungen und Hinweise

- Das Konzept ist anwendbar für Anlagen mit
 - ≤ 4 Verdichtern gleicher Leistung und ohne Leistungsregelung
 - identischem Schmiersystem der Verdichter und Überwachung der Ölversorgung durch Ölniveauwächter (Zentrifugalschmierung) oder Öldruckwächter (Pumpenschmierung). Verdichter mit Zentrifugal- und Pumpenschmierung dürfen nur bei Ausführung mit Ölniveaureglern kombiniert werden (*Parallelverbund mit Ölniveaureglern*).
- Eine Grundlastumschaltung im Takt von max. 1 h ist notwendig, damit die Temperatur abgeschalteter Verdichter nicht zu stark sinkt. Idealerweise sollten sich die Zylinderköpfe nicht unter Verflüssigungstemperatur abkühlen, um Rückkondensation zu vermeiden. Höhere Temperatur reduziert auch die Kältemittelkonzentration im Öl und reduziert dadurch den Ölwurf beim Verdichteranlauf.
- Anlagenausführung / Rohrnetz: Voraussetzung für einen sicheren Betrieb ist ein gleichmäßiger Öltransport in der Anlage bei Voll- und Teillast. Dafür muss das Rohrnetz sorgfältig ausgelegt sein hinsichtlich minimaler Strömungsgeschwindigkeiten.
- Anlagensteuerung: Eine intelligente Steuerlogik sollte eingesetzt werden, die eine automatische Sequenzumschaltung sowie gleichmäßig lange Verdichterlaufzeiten bei minimaler Schalzhäufigkeit gewährleistet.

Bei abweichender Spezifikation oder weit verzweigten Rohrnetzen mit kritischem Ölhaushalt werden Anlagen mit Ölniveaureglern empfohlen (*Parallelverbund mit Ölniveaureglern*). Ausnahmen sind möglich bei erprobten Konzepten für die betreffende Anwendung.

Konstruktive Ausführung von Saugkollektoren

- absolut symmetrischer Aufbau (s. Abb. unten) - sowohl bei Kollektorkonstruktion als auch bei Eintritt der Sauggasleitung und Rohrabschnitten zu den Verdichtern
- Sauggaseintritt:
 - 2 Verdichter: zentral
 - 3 und 4 Verdichter: über symmetrisches "Hosenstück"

Ein seitlicher Eintritt ist (auch bei geringer Gasgeschwindigkeit) wegen ungleichmäßiger Strömung und Ölverteilung im Kollektor sehr nachteilig. Bei zwingenden Gründen für den seitlichen Anschluss sollte dort der drehzahlregelte Verdichter angeschlossen werden.

- Rohrabschnitte zu den Verdichtern:
 - nach oben abgehend, 30° angeschrägt
 - Einsaugöffnungen parallel zur Kollektorachse
 - Rohrführung zu den Verdichtern symmetrisch und mit identischem Durchmesser

HINWEIS

Einsaugen von Schmutz verhindern!

Die Stechrohre sollten einen einheitlichen Abstand zum Kollektorgrund haben, z.B. mithilfe eines Abstandhalters (Flacheisen), der nach dem Einlöten bzw. Einschweißen der Rohre entfernt wird. Grundsätzlich sollten alle Löt- oder Schweißarbeiten unter Schutzgas erfolgen, Späne oder sonstige Ablagerungen sorgfältig entfernen.

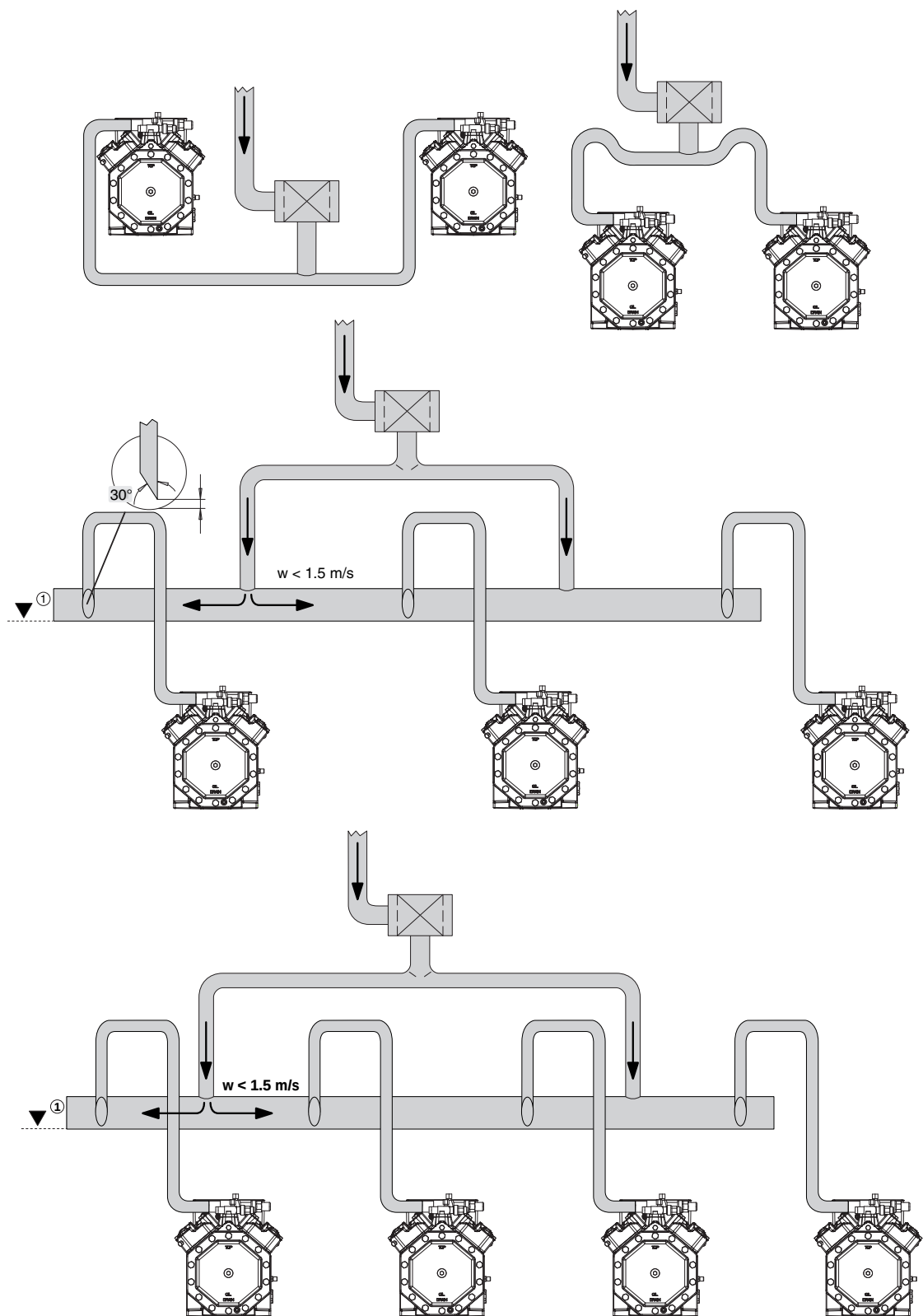


Abb. 8: Parallelverbund Hubkolbenverdichter: Ausführung mit optimiertem Saugkollektor

①: Anordnung des Saugkollektors auch **unter** Verdichterniveau möglich

- Dimension des Kollektor-Rohres für 2 Verdichter:
 - zentraler Eintritt mit Durchmesser entsprechend der Gesamtleistung
 - Rohrabschnitte zu den Verdichtern wie Lötanschluss der Sauggasabsperrentile

- Dimension des Kollektor-Rohres für 3 und 4 Verdichter:
 - Sauggasgeschwindigkeit bei Querströmung im Kollektor $< 1,5 \text{ m/s}$
- Kollektor exakt waagrecht montieren

Konstruktive Ausführung von Druckkollektoren

- Querverbindung mit einseitigem Abgang, dabei 90°-Bögen vermeiden und z.B. 45°-Bögen verwenden (siehe Abbildung 9, Seite 16)
- Anordnung unterhalb des Niveaus der Druckgasabsperrentile
- Rohrquerschnitt (durchgängig gleicher Durchmesser) idealerweise so groß wie der Gesamtquerschnitt der Einzelleitungen. Alternativ: Bemessung auf Grundlage der max. Strömungsgeschwindigkeit - bei Hochdruckkältemitteln wie R744 sollte eine max. Strömungsgeschwindigkeit von 10 m/s nicht überschritten werden.
- Verbindungsleitungen vom Absperrventil zum Kollektor mit Gefälle nach unten, um Ansammlung von Öl und / oder Kältemittelkondensat auf der Hochdruckseite von abgeschalteten Verdichtern zu vermeiden. Durchmesser entsprechend der üblichen Auslegungskriterien.

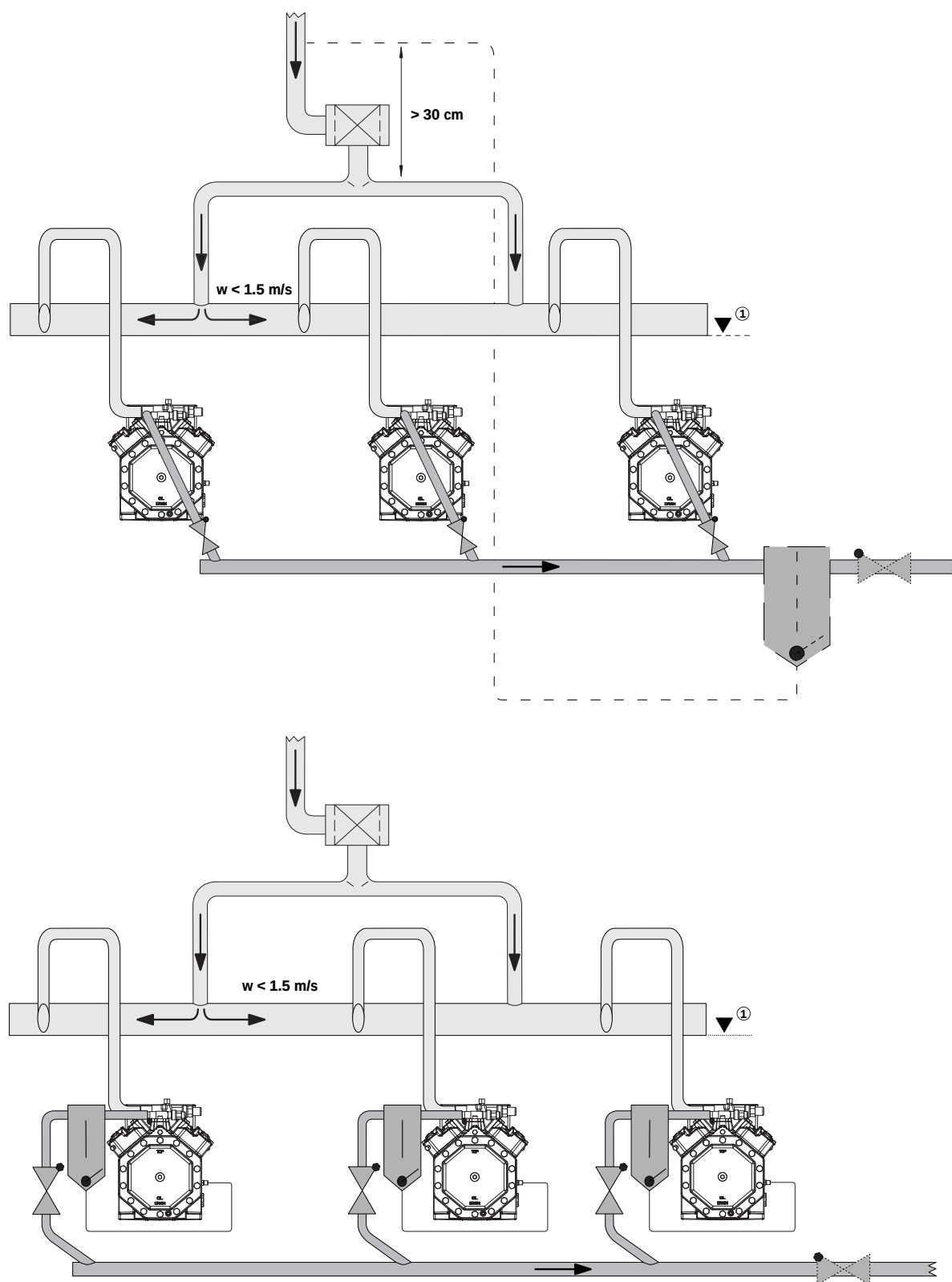


Abb. 9: Parallelverbund Hubkolbenverdichter: Ausführung des Druckkollektors

①: Anordnung des Saugkollektors auch **unter** Verdichterniveau möglich

Rückschlagventile

Rückschlagventile in den Leitungsabschnitten zum Kollektor sind unter folgenden Voraussetzungen nötig (*siehe Abbildung 9, Seite 16*):

- Bei individuellem Ölabscheider für jeden Verdichter – zum Schutz gegen Rückkondensation von Kältemittel in den Abscheider bei abgeschaltetem Verdichter. Anordnung jeweils nach dem Ölabscheider.
- Falls sich die Zylinderköpfe der Verdichter bei Stillstand unterhalb der Verflüssigungstemperatur abkühlen können (*Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor*).
- Rückschlagventil bei einem gemeinsamen Ölabscheider (Einbauposition in Richtung Verflüssiger):
 - bei Gefahr von Rückkondensation aus Verflüssiger oder Flüssigkeitssammler und
 - Anlagen mit langen Stillstandszeiten

Rückschlagventile müssen für den Einsatz in Druckgasleitungen geeignet sein – Planung und Dimensionierung entsprechend Herstellerangaben. Alternativ zum Einbau eines Rückschlagventils ist die Beheizung des Ölabscheiders während des Stillstands möglich.

Die Auslegung von Rückschlagventilen für R744-Anlagen mit FU-Betrieb ist sehr herausfordernd und wird nicht empfohlen, ggf. Rücksprache mit BITZER.

Ölabscheider und Ölrückführung

Bei ausreichender Strömungsgeschwindigkeit sind Ölabscheider beim Parallelverbund nicht zwingend erforderlich. Sie werden jedoch generell empfohlen bei Anlagen mit starken Lastschwankungen und für Tiefkühl-Anwendungen, bei denen sich die Ölzirkulation in der Anlage stark ändern kann. Je nach Anforderungen können individuelle Abscheider (je Verdichter) oder ein gemeinsamer Abscheider verwendet werden.

Für die Auslegung der Ölabscheider den gesamten Leistungsbereich berücksichtigen, u.a. auch Betriebszeiten bei höheren Verdampfungstemperaturen (Abkühlvorgänge). Besondere Sorgfalt bei der Auslegung erfordern Anlagen mit einem gemeinsamen Ölabscheider.

- Ölrückführung aus **zentralem** Ölabscheider: direkt in die von der Anlage kommende Sauggasleitung – mindestens 300 mm vor dem Kollektor bzw. "Hosenstück"
- Ölrückführung aus **Einzelabscheidern**: direkt in den Ölrückführanschluss am Kurbelgehäuse oder in die Sauggasleitung des betreffenden Verdichters

5.3 Parallelverbund mit Ölniveaureglern

Ölniveauregler (mit Ölabscheider und Ölreservoir) sind universell einsetzbar. Sie sollten bei folgenden Anwendungen bevorzugt werden:

- Parallelschaltung von > 3 Verdichtern
- Verdichter unterschiedlicher Leistung und / oder mit Leistungsregelung (auch drehzahlgeregelte Verdichter)
- Parallelschaltung von Verdichtern, die bei unterschiedlichen Saugdrücken betrieben werden
- Anlagen, die dazu neigen, größere Mengen Öl auf die Niederdruckseite zu verlagern (z.B. geringe Strömungsgeschwindigkeit bei Teillast; kritische Grenze ist abhängig von Betriebsbedingungen und Kältemittel)
- verzweigte Anlagen mit langen Leitungen und viel Kältemittel
- Verdichter unterschiedlicher Leistungen und / oder mit unterschiedlichen Schmiersystemen (Zentrifugal- / Pumpenschmierung)
- R744-Verdichter (sub- und transkritische Anwendungen, Anlagen mit Parallelverdichtung)

Das Ölniveau im Verdichter wird aktiv überwacht und bei Bedarf ergänzt. Es gibt unterschiedliche Konstruktionen:

- mechanische Ölniveauregler mit kombiniertem Schwimmer- und Ventilsystem
- elektronische Ölniveauregler mit Schwimmer- oder Sensortechnik (z.B.: *Ölniveauregler OLM-IQ*). Die Ölzufuhr wird indirekt über ein integriertes oder externes Magnetventil gesteuert. Diese Variante ermöglicht gleichzeitig eine Minimalstandsüberwachung des Ölniveaus und sollte deshalb bevorzugt werden.

Die Ölniveauregler mit den entsprechenden Adaptern werden direkt am Schauglas-Anschluss montiert, das vorhandene Schauglas wird dafür entfernt (*Parallelverbund mit Ölniveaureglern*).

Allgemeine Anforderungen und Hinweise

Anlagen mit Ölniveaureglern benötigen einen Ölabscheider, der das zu verteilende Öl bereitstellt. Üblicherweise wird ein gemeinsamer Ölabscheider eingesetzt (*Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor*).

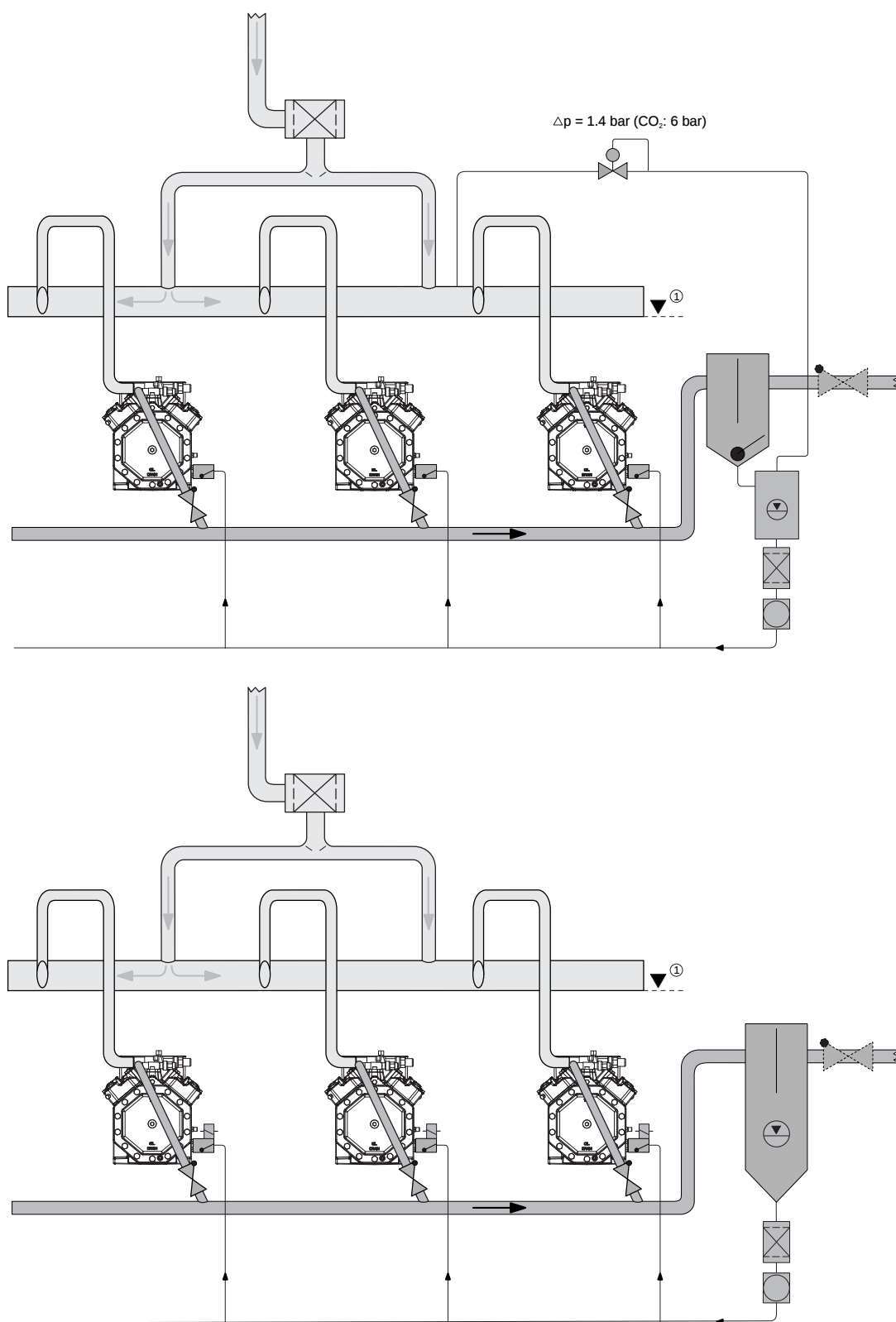


Abb. 10: Parallelverbund Hubkolbenverdichter: Ausführung mit Ölniveaureglern

①: Anordnung des Saugkollektors auch **unter** Verdichterniveau möglich

Die Ölverteilung zu den Verdichtern (Reglern) erfolgt aus einem Ölreservoir. Dieses muss ein Mindestvolumen haben, um Schwankungen im Ölhaushalt auszugleichen (Auslegung entsprechend Herstellerangaben). Zwei Varianten werden angeboten:

Niederdruck-Reservoir als separater Behälter (*siehe Abbildung 10, Seite 19, obere Hälfte*)

- Das Öl aus dem Abscheider wird unter Hochdruck in das Reservoir geleitet. Dort erfolgt eine kontrollierte Druckabsenkung über eine Entgasungsleitung zum Saugkollektor. Ein Differenzdruckventil (1,4 bar) in der Verbindungsleitung gewährleistet bei „Standardkältemitteln“ einen ausreichenden Überdruck vor dem Ölniveauregler.
- Bei 2-stufigen Verdichtern stehen die Kurbelgehäuse unter Mitteldruck. Die Entgasung muss deshalb zu einer Querverbindungsleitung zwischen den Anschlüssen am Motorgehäusedeckel geführt werden (vgl. Maßzeichnungen in Betriebsanleitung *KB-150* oder BITZER SOFTWARE) – Niveau der Verbindungsleitung unterhalb der Anschlusspositionen.

HINWEIS

Mechanische Ölniveauregler sind evtl. nur für relativ geringe Druckdifferenzen geeignet!
Eine Ausführung für mind. 6,5 bar Arbeitsdruck wählen.

- Bei Anlagen für den **transkritischen Betrieb mit R744** sind Ölabscheider mit Koaleszenz-Filterpatronen notwendig. Die Ölabscheider dürfen kein Schwimmerventil aufweisen. Die (elektronische / optische) Niveauüberwachung im Ölabscheider öffnet bei Bedarf ein Magnetventil im Rohr zum Ölreservoir. Das Volumen des Ölreservoirs sollte doppelt so groß sein wie das gesamte Ölvolumen in den Verdichtern. Um eine Ölrückführung in die Verdichter zu ermöglichen, muss der Druck im Reservoir höher sein, als der höchste Saugdruck in der Anlage. Die Entgasung erfolgt somit in die entsprechende Saugleitung.
Bei Anlagen mit Parallelverdichtung erfolgt die Entgasung immer auf das Niveau des Mitteldrucks und z.B. nicht auf das Saugdruckniveau der Normalkühlverdichter. In der Entgasungsleitung sind bevorzugt Differenz-Druckventile anzuwenden. Die benötigte Druckdifferenz hängt ab von den Randbedingungen, in der Regel sind Druckdifferenzen zwischen 2,5 und 4,5 bar nötig.
In sog. Booster-Anlagen werden die Niederdruckverdichter ebenfalls aus dem gemeinsamen Reservoir mit Öl versorgt, dadurch kann der Überdruck vor dem Ölniveauregler deutlich über den bei mechanischen Reglern zulässigen Werten liegen. Daher sollten generell nur solche elektronischen Ölniveauregler mit integriertem Magnetventil eingesetzt werden, die für die hohen Druckdifferenzen von R744-Anlagen geeignet sind.
Für die Abstimmung des Ölmanagements sind folgende Punkte zu beachten und aufeinander abzustimmen:
 - Düsenquerschnitt der eingesetzten Ölniveauregler in der jeweiligen Verdichterstufe
 - Öffnungszeit der eingesetzten Ölniveauregler bei Nachspeisung
 - Vorgehaltenes Ölvolumen im Reservoir
 - Nominelle max. Druckdifferenz im Reservoir
 - Länge und Querschnitt der Ölleitungen vom Reservoir zu den Ölniveaureglern

Hochdruck-Reservoir als zusätzlicher Ölvorrat im unteren Teil des Ölabscheiders (*siehe Abbildung 10, Seite 19, untere Hälfte*)

- Der Ölabscheider ist hier ohne Schwimmerventil ausgeführt, die Ölleitung führt direkt zu den Ölniveaureglern.
- Für diese Anlagen eignen sich nur elektronische Ölniveauregler mit integriertem Magnetventil. Sie müssen für den Betrieb mit voller Druckdifferenz geeignet sein. Die eingesetzten Düsen zur Ölflussbegrenzung werden nach Herstellerangabe in Abhängigkeit von der Druckdifferenz angepasst. Dies ist äußerst wichtig, da durch den hohen Vordruck sehr viel Kältemittel im Öl gelöst ist. Wird es anschließend auf das Druckniveau des Kurbelgehäuses entspannt, wird es wieder gasförmig. Bei zu hoher kontinuierlicher Einspeisemenge kommt es zu starker Schaumbildung, dadurch zu Flüssigkeitsschlägen und erhöhtem Ölwurf sowie zu ungenügender Ölniveauregung und Ölmenge.

Auslegung von Ölniveaureglern und Zubehör

Das Volumen des Reservoirs muss groß genug sein, um unterschiedliche Ölumlaufmengen in der Anlage ausgleichen zu können (z.B. erhöhte Ölrückführung aus Verdampfern nach Abtauen). Ölniveauregler, Ölreservoir, Differenzdruckventil, Ölfilter (in Zuleitung zu Reglern), Ölabscheider und Rückschlagventile sind entsprechend Herstellerangaben auszulegen. Für Rückschlagventile und Ölabscheider gelten außerdem die Hinweise oben (*Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor, Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor*).

Die meisten BITZER Hubkolbenverdichter haben ein Schraubschauglas mit Anschluss 1 1/8-18 UNEF, für Details siehe jeweilige Betriebsanleitung des Verdichters. Adapter zur Montage der Ölniveaugler bieten die jeweiligen Hersteller an.

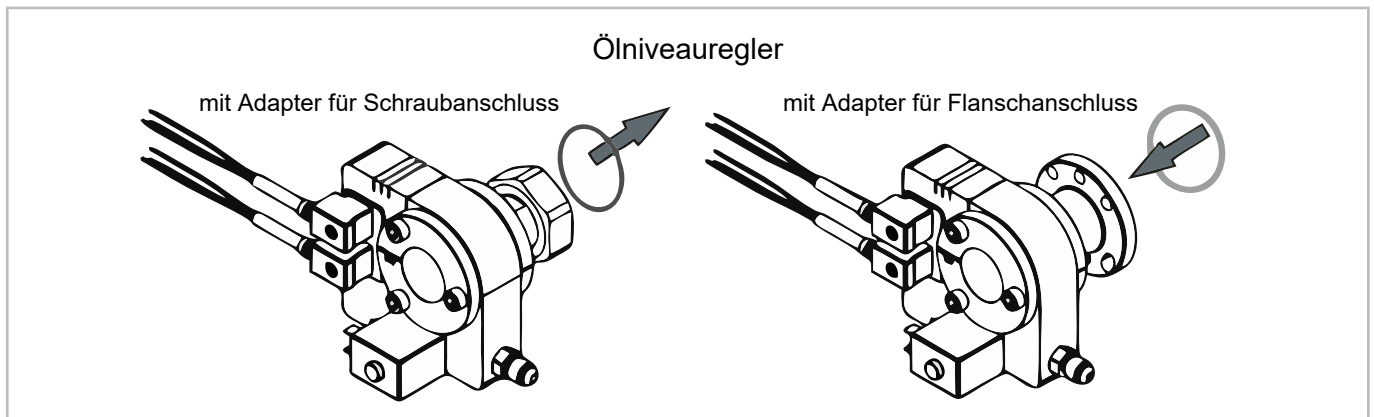


Abb. 11: Beispiele für Ölniveaugler für Schraub- und Flanschanschluss (Quelle: Armaturenwerk Altenburg, AWA)

Saug- und Druckkollektoren bei Einsatz von Ölniveauglern

Kollektoren und Rohre können entsprechend den oben dargestellten Varianten ausgeführt werden (Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor, Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor). Beim Saugkollektor sind die Anforderungen an Symmetrie und Gasgeschwindigkeit jedoch insgesamt geringer: Ein seitlicher Sauggaseintritt ist möglich, und mehrere Saugleitungsgruppen können parallel betrieben werden (u.a. bei unterschiedlichen Saugdrücken). Für diesen Fall wird bei "Standardkältemitteln" eine Anlage mit Hochdruckreservoir empfohlen, um bei allen Betriebszuständen genug Öldruck an den Reglern zu gewährleisten. Die Rohrabschnitte zu den Verdichtern sollten jedoch der empfohlenen Ausführung entsprechen.

HINWEIS

! Gefahr von Flüssigkeitsschlägen!

Bei Parallelverbund mit Ölniveauglern empfohlene Rohrführung beachten!

Die Konstruktion so ausführen, dass bei Stillstand kein Öl oder Kältemittelkondensat (aus dem Kollektor) in den Verdichter zurückfließen kann.

Druckkollektoren und Rückschlagventile müssen generell die oben aufgeführten Kriterien erfüllen (Parallelverbund mit optimiertem Saugkollektor).

5.3.1 Ölniveauregler OLM-IQ

Mit dem OLM-IQ bietet BITZER einen eigenen elektronischen Ölniveauregler an. Er wird per Adapter am Schauglas-Anschluss montiert. Die OLM-IQ Aktor-Sensor-Einheit kann als Zubehör zum Verdichtermodul CM-RC bestellt werden (montiert ab Werk oder zur Nachrüstung) und ermöglicht ein stabiles Ölniveau durch stetige Ölniveaumessung, Dosierung der Ölrückführung und Anpassung an den Ölversorgungsdruck. Die Logik inkl. Kommunikation an den übergeordneten Anlagenregler und Datenaufzeichnung ist vollständig im CM-RC integriert (CM-RC-01 bzw. CM-RC-02 mit Erweiterungskarte CM-IO-A oder CM-IO-B).

Der OLM-IQ ist für ECOLINE und ECOLINE Tandem Verdichter für Standardkältemittel und R744 verfügbar:

- OLM-IQ1: Ausführung für Standardverdichter
- OLM-IQ2: Ausführung für R744-Anwendungen mit Öldruckdifferenz bis 100 bar
- OLM-IQ3: Ausführung für R744-Anwendungen mit Öldruckdifferenz bis 40 bar

Für Details siehe Technische Informationen zum CM-RC:

- [KT-230](#): Technische Information Verdichtermodul CM-RC-01 für Hubkolbenverdichter
- [KT-240](#): Technische Information Verdichtermodul CM-RC-02 für Hubkolbenverdichter
- [KT-241](#): Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-A für CM-RC-02
- [KT-242](#): Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-B für CM-RC-02



Abb. 12: Beispielhafte Ausstattung eines 8-Zylinder-Verdichters mit Verdichtermodul CM-RC-02, Druckgastemperaturfühler, Druckmessumformern, Ölheizung, Leistungsregelung CR11, Öldruckdifferenzschalter und Ölniveauregler OLM-IQ.

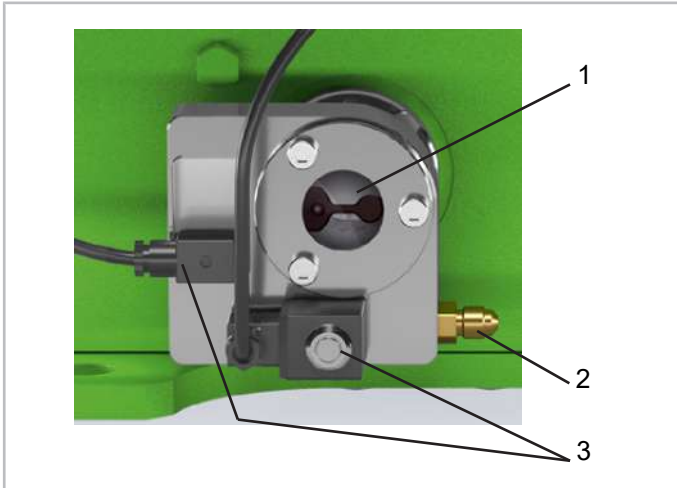


Abb. 13: Aktor-Sensor-Einheit des OLM-IQ

1: Ölniveausensor im Schauglas

2: Ölanschluss 7/16-20 UNF

3: Datenkabel und Spannungsversorgung in IP65



Abb. 14: Ölniveauregler OLM-IQ2 (Teilnr. 347 334 13) am Verdichter (Beispiel)

6 Weitere Komponenten der Kälteanlage

Saugseitiger Reinigungsfilter

In verzweigten Rohrnetzen mit vielen Löt- oder Schweißverbindungen lassen sich Zunderbildung und sonstige Verunreinigungen oft nicht ganz vermeiden. Der Einbau eines saugseitigen Reinigungsfilters mit austauschbaren Blockeinsätzen ist deshalb dringend zu empfehlen. Die Filterelemente bleiben nur vorübergehend in der Anlage, um abgelöste Verunreinigungen aufzufangen. Bei Bedarf (z.B. Motorschaden) können auch säurebindende Filter eingesetzt werden.

Einbauposition **vor** dem Saugkollektor.

Saugseitige Flüssigkeitsabscheider

Ein evtl. erforderlicher Flüssigkeitsabscheider wird unter Berücksichtigung der vom Hersteller angegebenen Maximal- bzw. Minimaleistung gewählt. Vor allem bei Tiefkühlung sind jedoch die Leistungsbereiche mit Blick auf

Druckverlust und Ölrückführung relativ stark eingegrenzt. Es empfiehlt sich ggf., mehrere Abscheider einzubauen, die auf die Einzelabschnitte aufgeteilt sind. Bei Serienanwendungen ist die Ausbildung des Saugkollektors als Flüssigkeitsabscheider zweckmäßig. Meist lässt sich durch Gestaltung und Steuerung der Anlage der Einbau eines speziellen Abscheiders umgehen. Eine Ausnahme sind Anlagen mit Kreislaufumkehrung oder bei Gefahr von stoßweiser Rückführung von Kältemittelflüssigkeit oder Öl. Zu beachten ist hier v.a. die Rohrführung hinsichtlich kontinuierlicher Ölrückführung sowie eine zeitliche Verschiebung beim Abtauen einzelner Verdampfer.

Verflüssiger, Enthitzer, Flüssigkeitssammler

Zur gleichmäßigen Verteilung und optimalen Nutzung des Verflüssigers sollte nur ein gemeinsamer Wärmeübertrager eingesetzt werden. Bei Parallelschaltung von Flüssigkeitssammlern, Enthitzern und wassergekühlten Verflüssigern ist jeweils eine Rohrverbindung zwischen Flüssigkeit und Gas vorzusehen.

Wegen des großen Leistungsbereichs sowie saisonal unterschiedlicher Umgebungstemperaturen ist eine Verflüssigerdruckregelung nötig. Dies vermeidet weitgehend stärkere Schwankungen der Verflüssigungstemperatur und die resultierende Beeinflussung der Verdampfungstemperatur. Bei der Druckregelung sollten auch folgende Aspekte beachtet werden:

- Beschränkung der minimal möglichen Verflüssigungstemperatur entsprechend Einsatzgrenzen der Verdichter
- „intelligente“ Regelung der Verflüssigungstemperatur (abhängig von Last und Zulufttemperatur) durch variable Luftmenge der Verflüssigerventilatoren. Für eine bestmögliche Leistungszahl (COP) sollte der Regelalgorithmus bei allen Bedingungen eine optimale Bilanz zwischen der Leistungsaufnahme der Verdichter und Ventilatoren gewährleisten.

Wird ein Enthitzer zur Wärmerückgewinnung eingesetzt, sind neben der Leistung auch die kältemittelseitigen Anschlüsse zu berücksichtigen, der Durchgangsquerschnitt muss auf die Gesamtleistung ausgelegt sein. Der Enthitzer darf nur zwischen Ölabscheider und Verflüssiger eingebaut werden. Bei wechselweiser Nutzung als Enthitzer und Verflüssiger sind ggf. zusätzliche Maßnahmen nötig, um druckseitige Flüssigkeitsschläge und Kältemittelverlagerung zu vermeiden.

Verdampfer

Je nach Typ einer Verbundanlage kommen sowohl einzelne als auch eine größere Zahl von Verdampfern zum Einsatz. Aufgrund des meist großen Leistungsbereichs ist v.a. beim Einzelverdampfer eine evtl. Aufteilung in mehrere, mit Magnetventil steuerbare Kältekreisläufe nötig, denen jeweils ein separates Expansionsventil zugeordnet ist. Zum Schutz gegen starke Flüssigkeitsschübe beim Anlauf sollte die Sauggasleitung unmittelbar nach dem Verdampfer überhöht werden (Schwanenhals).

Bei einer Abpumpschaltung kann diese Maßnahme entfallen.

7 Sicherheitseinrichtungen und Anlagensteuerung

Sicherheitseinrichtungen

Jeder einzelne Verdichter ist mit Druckschalter(n) gegen Überschreitung des zulässigen Hochdrucks sowie mit Verdichterschutzgerät und Öldruck- bzw. Ölniveauüberwachung abzusichern. Insbesondere beim Betrieb an der thermischen Einsatzgrenze ist zudem ein Druckgastemperaturfühler (Zubehör) zu empfehlen. Zum Schutz gegen zu hohe Kältemittelanreicherung im Öl bei Stillstand ist bei üblichen Anwendungen eine Ölheizung nötig (Zubehör). Durch eine temperaturabhängige Steuerung der Ölheizung lässt sich der Energiebedarf deutlich verringern.

Das BITZER Verdichtermodule CM-RC (CM-RC-01 bzw. CM-RC-02 mit Erweiterungskarten CM-IO-A oder CM-IO-B) kann den Verdichter sehr zuverlässig absichern und viele Funktionen integrieren, die Elektroinstallation ist weniger aufwendig. Absicherung und Bedienung integrierter Funktionen:

- Ansteuerung von Zusatzventilator, Kältemittelspritzung, Ölheizung, Anlaufentlastung, Umschaltzeiten der Verdichterschütze beim Anlauf
- Ansteuerung der Leistungsregelung zur Anpassung der Kälte- oder Wärmeleistung an den tatsächlichen Bedarf (über Modbus oder Sollwertsignal) – das gewährleistet höchste Verdichterverfügbarkeit und -effizienz
- aktive Überwachung der Betriebsparameter (Einsatzgrenzen)

- Kommunikation über BEST SOFTWARE: Rückmeldung über Verdichterbetrieb
- Kommunikation mit Anlagenregler
- Steuerung des OLM-IQ (*Ölniveauregler OLM-IQ*)

Detaillierte Informationen, Hinweise zur Montage und zum elektrischen Anschluss des CM-RC:

- KT-230: Technische Information Verdichtermodule CM-RC-01 für Hubkolbenverdichter
- KT-240: Technische Information Verdichtermodule CM-RC-02 für Hubkolbenverdichter
- KT-241: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-A für CM-RC-02
- KT-242: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-B für CM-RC-02

Zur Absicherung der Gesamtanlage gegen Drucküberschreitung sind die Ausführungsbestimmungen der einschlägigen Sicherheitsbestimmungen und Normen (z.B. EN378, ISO5149) zu befolgen. Zur Überwachung des minimal zulässigen Saugdrucks ist üblicherweise ein gemeinsamer Niederdruckwächter ausreichend, der auf ein geringeres Druckniveau als die Saugdruckregelung eingestellt wird. Er dient nur zum Schutz bei einem möglichen Ausfall oder einer Störung der Anlagensteuerung.

Informationen zu Verdichterschutzgeräten:

- CT-120: Verdichterschutzgeräte für BITZER Verdichter

Informationen zu Öldrucküberwachungen:

- AT-170: Öüberwachung für BITZER Produkte – Überblick

Anlagensteuerung

Die Steuerung einer Verbundanlage erfolgt entweder abhängig vom Saugdruck oder von einer definierten Prozesstemperatur. Bei Anlagen mit einer größeren Zahl von Verdampfern ist eine an den Bedarf angepasste Saugdruckregelung üblich. Reglerhersteller bieten dafür eine breite Palette von Produkten an. Der Regelalgorithmus sollte mindestens folgendes gewährleisten:

- Bedarfsabhängiges Ein- und Ausschalten einzelner Verdichter und deren Leistungsregelung (feinstufige mechanische oder Drehzahlregelung), abhängig von einem definierten Saugdruck mit enger Bandbreite. Dabei sollten die oben beschriebenen Auslegungskriterien berücksichtigt werden (*Auswahl von Verdichter und Zubehör*).
- Absicherung der max. Schalthäufigkeit und der Mindestlaufzeit der Verdichter. Dies ist z.B. möglich durch eine Zeitbegrenzung von Anlauf zu Anlauf sowie eine durch den Regelalgorithmus gesicherte Mindestlaufzeit, die nur bei Sicherheitsabschaltungen unterschritten werden darf.
- Automatischer Wechsel des Grundlastverdichters für gleichmäßig verteilte Betriebsstunden der Verdichter. Dies sichert eine ausgewogene Belastung und minimalen Verschleiß.
- Beim gesteuerten Ausschalten des Grundlastverdichters (über min. Saugdruck) sicherstellen, dass Magnetventile in der Flüssigkeitsleitung oder elektronische Expansionsventile erst nach einer evtl. Zeitverzögerung des Grundlastverdichters angesteuert werden können. Dies gilt ebenso, wenn alle Verdichter durch eine Sicherheitseinrichtung (z.B. Hochdruckabschaltung) außer Betrieb gesetzt werden. Damit wird eine Überflutung der Verdampfer mit Flüssigkeit vermieden.
- Anpassung des Saugdrucks an den Bedarf, z.B. automatische Anhebung bei verringerter Last
- sinnvolle Regelung der Verflüssigungstemperatur (*Weitere Komponenten der Kälteanlage*)

Zum Betrieb von Hubkolbenverdichtern mit Frequenzumrichtern:

- KT-420: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Hubkolbenverdichtern

8 Verdichter aufstellen



VORSICHT

Der Verdichter ist mit Schutzgas gefüllt: Überdruck 0,2 .. 0,5 bar Stickstoff.

Verletzungen von Haut und Augen möglich.

Verdichter auf drucklosen Zustand bringen!

Schutzbrille tragen!



Als zweckmäßig erweist sich die starre Montage auf einem gemeinsamen Rahmen – allerdings müssen die Verdichter bei den Varianten Öl- und Gasausgleich sowie optimiertem Saugkollektor auf absolut gleichem Niveau liegen. Vorteil dieser Art der Montage ist, dass die gesamte Rohrführung zwischen den Verdichtern ebenfalls starr sein kann. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Rohrabschnitte vom Verdichter zum Saug- und Druckkollektor durch entsprechende Rohrführung und Länge noch flexibel genug sind.

Je nach Anforderungen an Schallemission und / oder Körperschall kann der Rahmen insgesamt auf Schwingelementen montiert werden.



Information

Anzugsmomente für Schraubverbindungen entsprechend Wartungsanleitung AW-100 beachten!

9 In Betrieb nehmen

Vor der Inbetriebnahme müssen Sicherheitseinrichtungen und Systemsteuerung sorgfältig eingestellt und ihre Funktion kontrolliert werden (Sicherheitseinrichtungen und Anlagensteuerung).

Um Pendelschaltung bei Inbetriebnahme zu vermeiden, wird der Sammler mit einem Grundvorrat an Kältemittel befüllt. Danach die Verdichter jeweils einzeln einschalten (Vorgehen gemäß jeweiliger Betriebsanleitung!) und sofort auf gesicherte Ölversorgung prüfen (Sichtkontrolle am Schauglas des Verdichters oder Ölniveaureglers). Das Ölniveau muss über einen längeren Zeitraum bei allen Betriebs- und Lastzuständen kontrolliert werden. Bei Bedarf sind Ölvorrat (Niveau 1/4 .. 3/4 Schauglashöhe) und Kältemittel zu ergänzen. Der Ölabscheider ist hinsichtlich Temperatur und Ölrückführung zu prüfen (Schauglas zur Sichtkontrolle einbauen). Der Ölrückfluss muss taktend erfolgen, ständig überströmendes Heißgas/Öl-Gemisch deutet auf eine Störung hin. Folgende Ursachen können vorliegen und müssen sofort behoben werden:

- Überfüllung der Anlage mit Öl
- zu kleiner Abscheider
- defektes oder verschmutztes Schwimmerventil



HINWEIS

Für Inbetriebnahme und Wartung außerdem die jeweilige Betriebsanleitung beachten (Einleitung)!

Table of contents

1	Introduction	28
2	Safety.....	29
3	Selection of compressor and accessory	30
3.1	Selection using the BITZER Software.....	32
4	Avoiding damages due to critical pipe lengths.....	35
5	Oil management	36
5.1	Oil and gas equalisation between crankcases	36
5.2	Parallel compounding with optimized suction header	36
5.3	Parallel compounding with oil level controllers.....	43
5.3.1	Oil level controller OLM-IQ.....	47
6	Further components of the refrigeration system	48
7	Safety devices and system control	49
8	Installing the compressor.....	51
9	Commissioning	51

1 Introduction

In parallel compounding, several compressors are combined in a common refrigerant circuit. The systems are often complex and have special requirements, in particular with respect to oil return, oil distribution between compressors and system control. This is why this document includes important information for planning and execution. In addition, system-related criteria and special manufacturer specifications related to additional components (e.g. oil separators, oil level controllers) have to be taken into account, making it necessary to adjust design and accessories, if required.

Furthermore, the recognized technical rules and the current safety regulations must be observed.

Refrigerant

This document considers compound systems with HFC and HFO refrigerants and R744. For compound systems with R717 (NH₃), see Technical Information [AT-640](#).

Also observe the following technical documents

- [KB-100](#): Operating Instructions Semi-hermetic reciprocating single stage compressors
- [KB-120](#): Operating Instructions Semi-hermetic reciprocating compressors for subcritical R744 applications
- [KB-130](#): Operating Instructions semi-hermetic reciprocating compressors for transcritical R744 applications
- [KB-150](#): Operating Instructions Semi-hermetic reciprocating two stage compressors
- [KB-520](#): Operating instructions Open drive reciprocating compressors 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- [CB-110](#) and [CB-111](#): Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters
- [AT-640](#): Use of ammonia (R717) in BITZER compressors
- [AT-744](#): Application guide for the use of R744

Advantages of parallel compounding

The aspects for or against parallel compounding are too different for a general evaluation – however, there are a series of advantageous features:

- Optimum power adjustment to the demand, in particular in case of additional capacity control of the compressors (CRII system or frequency inverter)
- Low power supply load during start by stepwise switch-on of the compressors
- Upon failure of a compressor or frequency inverter, system operation can be initially maintained
- Easier and lower-cost pipe installation for widely branched systems compared with separate refrigerant circuits

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!

3 Selection of compressor and accessory

Compressor selection and capacity grading

For the design of parallel compounding, the required power must be exactly evaluated:

- Power demand at maximum load (design conditions)
- Power demand at minimum load (operation at night, operation outside opening hours, for example in supermarkets, reduced cooling demand and low condensing temperatures at low outdoor temperatures, ...)
- Number of simultaneously operated evaporators

Since each evaporator can have a different effect on the overall load, it may be necessary to weight the individual loads as to how much they contribute to the overall load during a certain operating period. Intelligent control can, however, distribute the load such that the cooling demand does not undergo a drastic change.

The best control accuracy is achieved by having the compound cover the cooling demand by means of a quasi-stepless variation of the cooling capacity between minimum and maximum. A low control range and significant changes in load or capacity result in instability of the overall system. Compressors with variable speed or finely graduated mechanical capacity control (e.g. CRII) are a good option for achieving stable process control, if the control range of at least one compressor can cover the capacity gaps caused by other compressors during switch-on and switch-off.

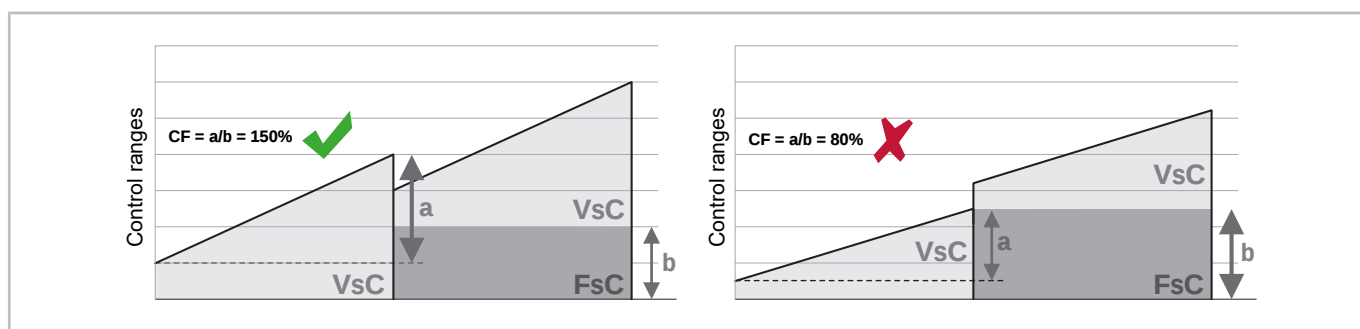


Fig. 2: Example of the control accuracy of parallel compounding with 2 compressors (source: ASERCOM)

VsC: Compressor with variable speed

FsC: Compressor with fixed speed

CF: Control accuracy in %

For further information on the optimized selection of compressors and their capacity control, see *"ASERCOM Guidelines for the design of multiple compressor racks using frequency inverters"* (chapter 2).

Multiple stage systems

Capacity regulation is essential for modern refrigeration systems, especially for refrigerants with high suction densities and volumetric cooling capacities. The targets are:

- covering low minimum load, preferably without on-off cycling
- a high control accuracy (control factor CF) with minimum changes in capacity per step
- cost reduction, e.g. by higher capacity with a lower number of compressors
- minimized diversity of used compressor types
- operational safety

The opposing demands sometimes lead to load conditions with many on-off cycles and unstable (fluctuating) operating conditions by poor control factors. This may lead to reduced efficiency, wet operation, oscillating control circuit, unfavourable operating conditions for compressors, poor temperature control and product quality.

Supplementing the above example of a single-stage refrigeration system, it may therefore be helpful to calculate the control accuracy of a multi-stage refrigeration system (medium and low temperature application) using the following method. It takes into account the industry trend of using fewer and fewer compressors per suction group or temperature stage, and it is intended to combine the opposing demands: high control factor, covering minimum

loads and evaluation for the entire system. This is achieved by separately evaluating the low temperature (LT) stage and the minimum load of the medium temperature (MT) stage.

$$CF_{MT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (1)$$

$$CF_{MT\ min} = \frac{Q_{o\ MT\ max} - Q_{o\ MT\ min}}{Q_{o\ MT\ max}} \quad (2)$$

$$CF_{LT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (3)$$

$$CF_{System} = CF_{MT\ nom} + CF_{MT\ min} + CF_{LT\ nom} \quad (4)$$

Fig. 3: Calculation of the total control factor CF_{System} of a multiple stage refrigeration system:

$Q_{VsC\ max}$: refrigerating capacity of the variable speed compressor at maximum speed

$Q_{VsC\ min}$: refrigerating capacity of the variable speed compressor at minimum speed

Q_{FsC} : Minimum refrigerating capacity of the fixed speed compressor (taking capacity control into consideration if fitted)

nom: nominal capacity at design conditions

min: minimum capacity at design conditions

In a first step (formulas 1 and 3), the control factors are calculated for the MT and LT stage as described in the [ASERCOM Guideline](#).

In addition, formula 2 calculates the ability to cover the minimum load of the MT stage. For this purpose, standard conditions without LT load are assumed (i.e. only normal cooling, the compressor of the LT stage is mathematically switched off).

In the last step (formula 4), CF_{System} is calculated as the sum of the individual CF.

The final evaluation distinguishes 5 categories of the control factor CF:

Control factor CF	Evaluation
$CF \geq 3$	excellent
$3 > CF \geq 2,5$	good
$2,5 > CF \geq 1,95$	acceptable
$1,95 > CF \geq 1,55$	poor
$CF < 1,55$	unacceptable

This calculation of CF is also applicable if none of the compressors is capacity controlled. In this case, the term in question has a value of zero, which significantly reduces the overall CF_{system} .

Tandem compressors

A tandem compressor is the simplest version of parallel compounding of two compressors. The common high-volume suction chamber usually guarantees uniform oil distribution. However, for optimum oil balance and a long lifetime, in general a control with automatic load sequence switching should be provided, which also guarantees a sufficient minimum running time of the two compressors. Short-term operation increases oil carry over and reduces the lifetime.

A finely graduated power adjustment can be obtained by switching the two compressors on and off in combination with capacity regulators (blocked suction – CRII). Speed control of (only) one compressor side is an alternative. Here, too, load sequence switching is recommended, in which the frequency inverter should be assigned alternately to the lead compressor by means of electrical control switch-over.

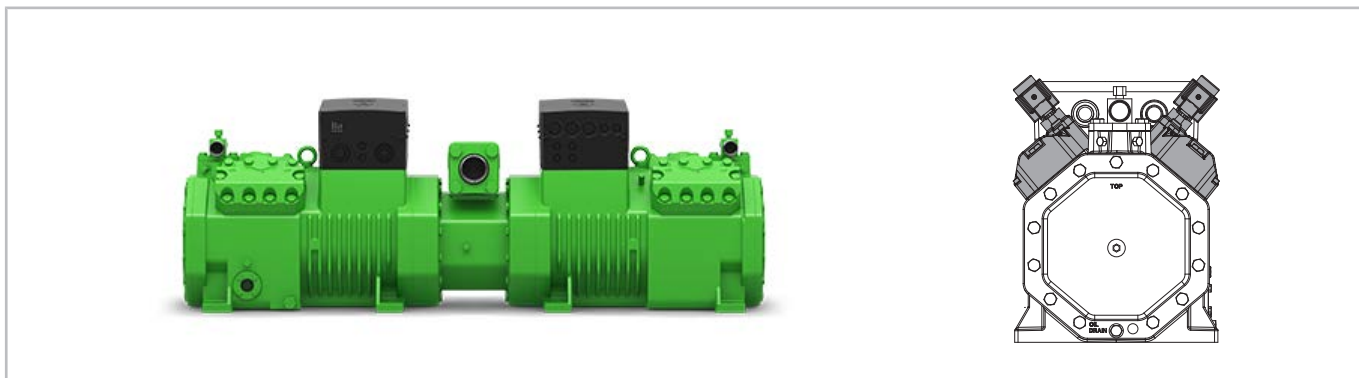


Fig. 4: 4+4-cylinder ECOLINE tandem compressors. Left: side view, right: view of the grey bearing cover: CRII capacity control

Additional cooling

In compound systems, compressors and condensers are frequently installed separately from one another. This is why, depending on conditions, additional cooling may be necessary (see application limits) – either by means of

- air (additional fan)
- and / or electronically controlled refrigerant injection (RI)
- or water (water-cooled cylinder heads for compressors 4JE .. 4FE, 6JE .. 6FE).

When a compressor is shut off, its additional cooling must also be shut off in each case. With a fan, this is done by simply coupling the compressor and fan contactor. When using the electronic compressor module CM-RC, the auxiliary fan is controlled according to the discharge gas temperature if required. A solenoid valve that shuts off the water flow when the compressor is at standstill must be connected upstream of the water-cooled cylinder head. Continuously switched-on additional cooling increases the risk of refrigerant condensation in the cylinder head and reduces the effect of the oil heater. This can lead to a high concentration of refrigerant in the oil.

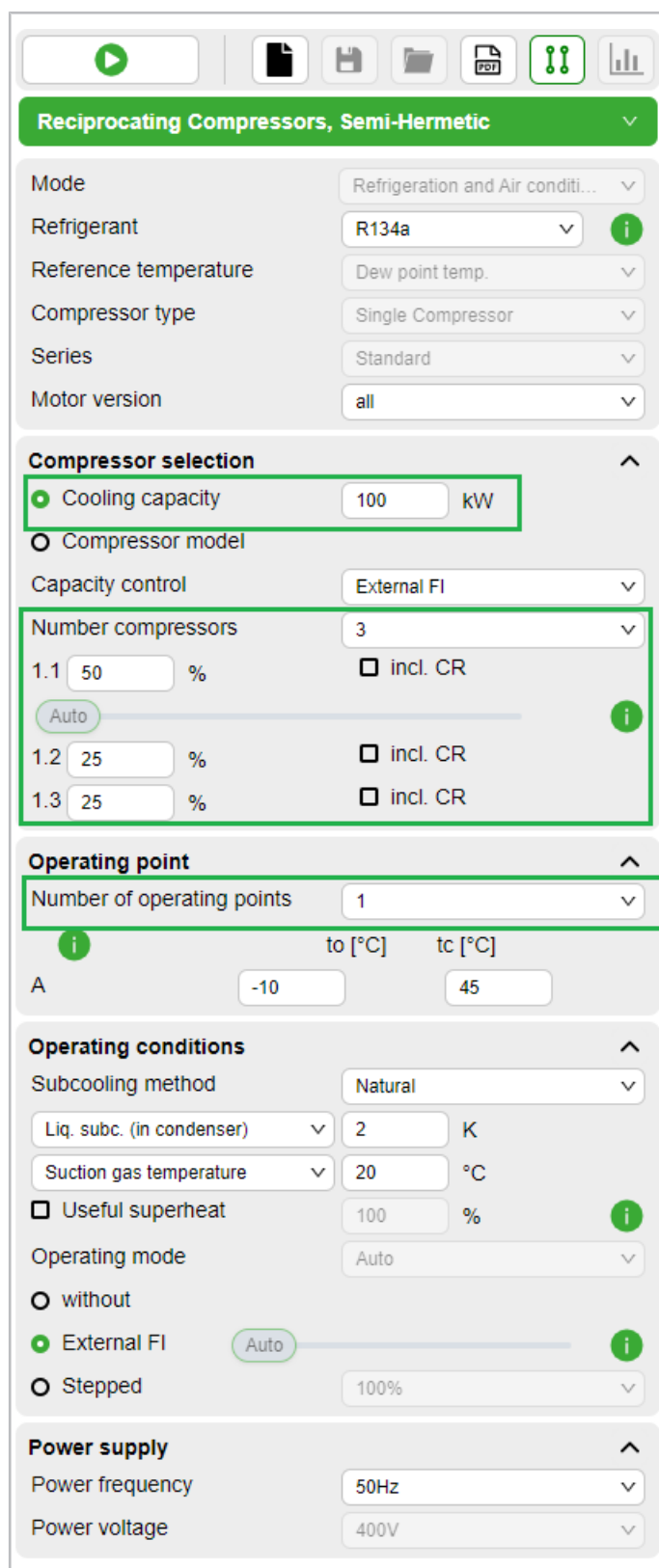
3.1 Selection using the BITZER Software

The BITZER Software can be used to design compound systems for semi-hermetic/open drive and 2-stage reciprocating compressors. The procedure is illustrated here by way of example:

Refrigerant	R134a
Refrigerating capacity 3 compressors	100 kW
Operating conditions	$t_o = -10^{\circ}\text{C}$ $t_c = 45^{\circ}\text{C}$ $t_{oh} = 20^{\circ}\text{C}$
Conditions in power supply	400 V / 3 / 50 Hz
Capacity control	Compressor 1 with frequency in- verter and 50% power, compressors 2 and 3 each with 25%.

Tab. 1: General conditions for a calculation example in the BITZER Software. Evaporators are each equipped with an internal heat exchanger.

1. Click the  button, select or enter the general conditions and then start the calculation by clicking the  button.



Reciprocating Compressors, Semi-Hermetic

Mode: Refrigeration and Air condi...
 Refrigerant: R134a
 Reference temperature: Dew point temp.
 Compressor type: Single Compressor
 Series: Standard
 Motor version: all

Compressor selection

☒ Cooling capacity: 100 kW
☐ Compressor model
 Capacity control: External FI
 Number compressors: 3
 1.1: 50 % ☐ incl. CR
 Auto
 1.2: 25 % ☐ incl. CR
 1.3: 25 % ☐ incl. CR

Operating point

Number of operating points: 1
 to [°C]: -10 tc [°C]: 45

Operating conditions

Subcooling method: Natural
 Liq. subc. (in condenser): 2 K
 Suction gas temperature: 20 °C
☐ Useful superheat: 100 %
 Operating mode: Auto
☐ without
☒ External FI: Auto
☐ Stepped: 100%

Power supply

Power frequency: 50Hz
 Power voltage: 400V

Fig. 5: Design of compound systems for reciprocating compressor in the BITZER SOFTWARE.

2. Showing details of the calculation

The software suggests 3 compressors that can be used to achieve the specified capacity. Upon selecting the **DE-TAIL** tab and clicking the icon next to the points A (operating point) and B (start point), all calculation details of the selected compressors are displayed. Further information can be displayed by clicking the **LIMITS**, **TECHNICAL DATA**, **DIMENSIONS**, **INFORMATION**, **DOCUMENTATION** and **TRAINING** tabs.

The screenshot displays the Bitzer software interface for compressor selection and calculation. The left sidebar contains various configuration options, and the main area shows a detailed overview of the selected compressors.

Configuration Options (Left Sidebar):

- Mode:** Refrigeration and Air condi...
- Refrigerant:** R134a
- Reference temperature:** Dew point temp.
- Compressor type:** Single Compressor
- Series:** Standard
- Motor version:** all
- Compressor selection:**
 - ☐ Cooling capacity: 100 kW
 - ☒ Compressor model
 - Capacity control:** External FI
 - Number compressors:** 3
 - 1.1: 6HE-25Y ☐ Incl. CR 68Hz
 - 1.2: 4GE-20Y ☐ Incl. CR
 - 1.3: 4GE-20Y ☐ Incl. CR
- Operating point:**
 - Number of operating points:** 1
 - to [°C]:** -10 **tc [°C]:** 45
- Operating conditions:**
 - Subcooling method:** Natural
 - Liq. subc. (in condenser):** 2 K
 - Suction gas temperature:** 20 °C
 - ☐ Useful superheat: 100 %
 - Operating mode:** Auto
 - ☐ without
 - ☒ External FI 68Hz
 - ☐ Stepped: 100%
- Power supply:**

Calculation Details (Main Area):

Overview **Detail**

Operating Point A

Parameter	Value
Evaporating SST	-10,00 °C
Condensing SDT	45,0 °C

Compressor	Total	6HE-25Y	4GE-20Y	4GE-20Y
Frequency compressor		68,0 Hz	50Hz	50Hz
Cooling capacity	100,5 kW	45,5 kW	27,5 kW	27,5 kW
Cooling capacity *	--	44,6 kW	27,0 kW	27,0 kW
Evaporator capacity	100,5 kW	45,5 kW	27,5 kW	27,5 kW
Ratio	--	45,2 %	27,4 %	27,4 %
Power input	40,2 kW	18,87 kW	10,65 kW	10,65 kW
Current (400V)	69,7 A	31,0 A	19,35 A	19,35 A
Condenser capacity	140,6 kW	64,3 kW	38,2 kW	38,2 kW
COP/EER	2,50	2,41	2,58	2,58
COP/EER *	--	2,36	2,53	2,53
Mass flow	2306 kg/h	1044 kg/h	631 kg/h	631 kg/h
min. cooling capacity	--	16,89 kW (25 Hz)	--	--
max. cooling capacity	--	46,5 kW (70 Hz)	--	--
Discharge gas temp. w/o cooling	98,0 °C	100,2 °C	96,2 °C	96,2 °C

Fig. 6: The BITZER SOFTWARE suggests 3 compressors that can be used to achieve the specified capacity, here using a frequency inverter on compressor 1.

The selected compressors can be changed manually in the menu on the left by clicking the arrows next to the compressor name and recalculated by clicking the button.

3. Selecting the accessories

In the upper menu bar, choose the tab "Accessories".



Information

The accessory module will only become active after a previous calculation!

The Accessories window opens and suggests a VARIPACK frequency inverter for compressor 1 and a common receiver for all 3 compressors.

4 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. 2: 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. 7: 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:

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

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

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

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.

5 Oil management

5.1 Oil and gas equalisation between crankcases

For compressors with small to medium capacity, previously oil and gas equalisation between crankcases was frequently selected. This is a low-cost option, but has decisive drawbacks: Due to the pipe joint between the crankcases, suction gas (in the bypass) will keep flowing also through shut-off compressors. Under unfavourable conditions, this may lead to the migration of oil into compressors that are in operation. This can result in faults to the oil balance and to damage to the compressor – a pressure differential of as little as 0.01 bar corresponds to an oil level difference of approximately 11 cm. This is why in particular the methods described below are recommended (*Parallel compounding with optimized suction header*, *Parallel compounding with oil level controllers*).

The flow of gaseous refrigerant through compressors which are not operating can easily wash out oil from the bearings of crank shaft and connection rods. This can lead to compressor damages. The washing effect strongly depends on the refrigerant and also on the control of the parallel compound. Refrigerant blends with unsaturated components (HFO), pure HFO and hydrocarbons like R290, R600a and R1270 wash out very strongly. The control of operating and stand still times of the compressors has an impact, too. The oil and gas equalization can thus only be used where the system manufacturer has good experience with the refrigerants and system controls.

BITZER compressors of series BE5 and BE6 (4JE-13 .. 6FE-50) can be designed with separate, generously sized oil and gas equalising lines between the crankcases. Suitable connections are available as standard (see operating instructions *KB-100*) and suitable adaptors are available as accessories. The connecting lines should be kept as short as possible. Deviations from the exactly straight horizontal connection by slight bends are allowed in the gas equalising line only upwards and in the oil equalising line only downwards. However, in view of the remarks made above, this version, too, is rather suitable for systems which (on the basis of practical experience and tests) are built either as standard or at least repeatedly.

5.2 Parallel compounding with optimized suction header

This version was previously used in particular in factory-made liquid chillers or specially tested systems. Although this prevents a direct oil migration between compressors, uniform oil distribution requires, however, special measures and requirements.

The internal oil recirculation system of the compressors has been designed such that the oil carry over changes as a function of the oil level in the crankcase. In connection with an optimized suction header **and** an intelligent compressor rack controller, this leads to a self-regulation effect.

General requirements and recommendations

- The concept is applicable to systems with
 - ≤ 4 compressors of equal capacity and without capacity control
 - identical lubrication system for the compressors and monitoring of the oil supply by an oil level switch (centrifugal lubrication) or oil pressure limiter (pump lubrication). Compressors with centrifugal and pump lubrication may only be combined when designed with oil level controllers (*Parallel compounding with oil level controllers*).
- Load sequence switching at a rate of max. 1 h is required to ensure that the temperature of shut-off compressors does not drop too much. Ideally, the cylinder heads should not be cooled below the condensing temperature, in order to avoid back condensation. A higher temperature also reduces the refrigerant concentration in oil, thus reducing oil carry over during the compressor start.
- System design / Pipe works: The prerequisite for safe operation is a uniform oil transport in the system during full load and part load. To ensure this, the pipe works must be carefully designed with respect to the minimum flow velocities.
- System control: An intelligent control logic should be used which guarantees an automatic sequence change and uniformly long compressor running times at minimum switching frequency.

In case of deviating specification or for widely branched pipe works with critical oil balance, systems with oil level controllers are recommended (*Parallel compounding with oil level controllers*). Exceptions are possible in case of tested concepts for the application in question.

Constructive design of suction headers

- Absolutely symmetrical structure (s. fig. below) - both in the header design and at the inlet of the suction gas line and the pipe sections connected to the compressors
- Suction gas inlet:
 - 2 compressors: centrally
 - 3 and 4 compressors: via symmetrical "Y-joint"

A side entry is very disadvantageous (even at low gas velocity) due to uneven flow and oil distribution in the accumulator. If there are compelling reasons for the side connection, the speed-controlled compressor should be connected there.

- Pipe sections connected to the compressors:
 - Exit upwards, 30° bevelled
 - Intake openings in parallel to the header axis
 - Pipe layout symmetrical to the compressors and with identical diameter

NOTICE

Prevent dirt intake!

The pipes should have a uniform distance to the header base, for example by means of a spacer (flat iron), which is removed again after soldering or welding the pipes. As a general rule, all soldering or welding work should be performed under a protective charge, and chips or other deposits should be carefully removed.

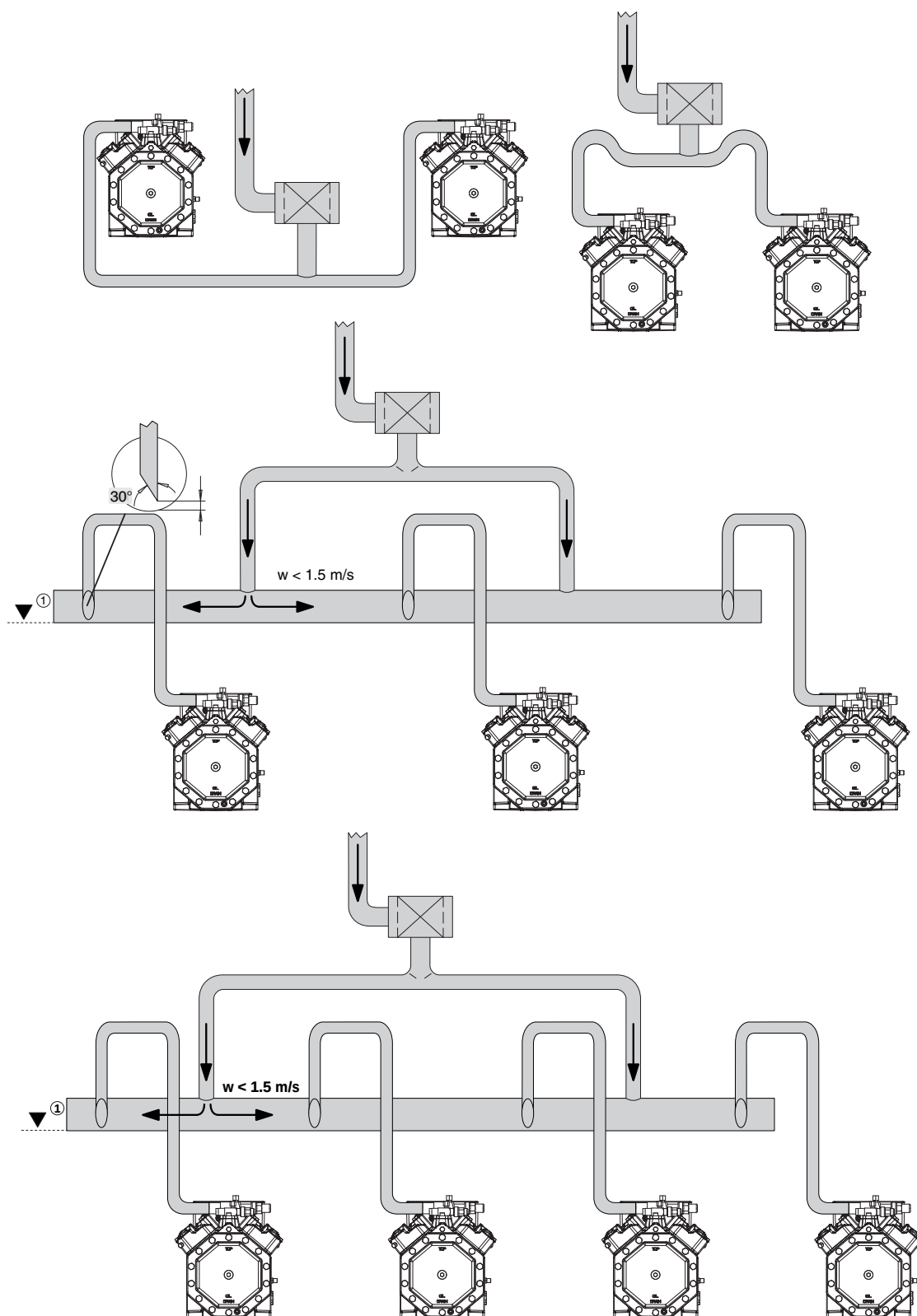


Fig. 8: Parallel compounding reciprocating compressor: Design with optimized suction header

①: The suction header can also be arranged **below** the compressor level

- Dimension of the header tube for 2 compressors:
 - Central inlet with a diameter in accordance with its overall capacity
 - Pipe sections connected to the compressors in the same way as the brazed connection of suction gas shut-off valves
- Dimension of the header pipe for 3 and 4 compressors:
 - Suction gas velocity in case of transverse flow in the header $< 1.5 \text{ m/s}$
- Mount header exactly horizontally

Constructive design of pressure headers

- Transverse connection with outlet on one side, avoid 90° bends and use e.g. 45° bends (*see figure 9, page 41*)
- Arranged below the level of the discharge gas shut-off valves
- Pipe cross-section (same diameter throughout) ideally as large as the total cross-section of the individual pipes. Alternatively: Dimensioning based on the max. flow velocity - for high-pressure refrigerants such as R744, a max. flow velocity of 10 m/s should not be exceeded.
- Connecting lines from the shut-off valve to the header with downward slope, in order to avoid accumulation of oil and / or refrigerant condensate on the high pressure side of shut-off compressors. Diameter in accordance with the customary design criteria.

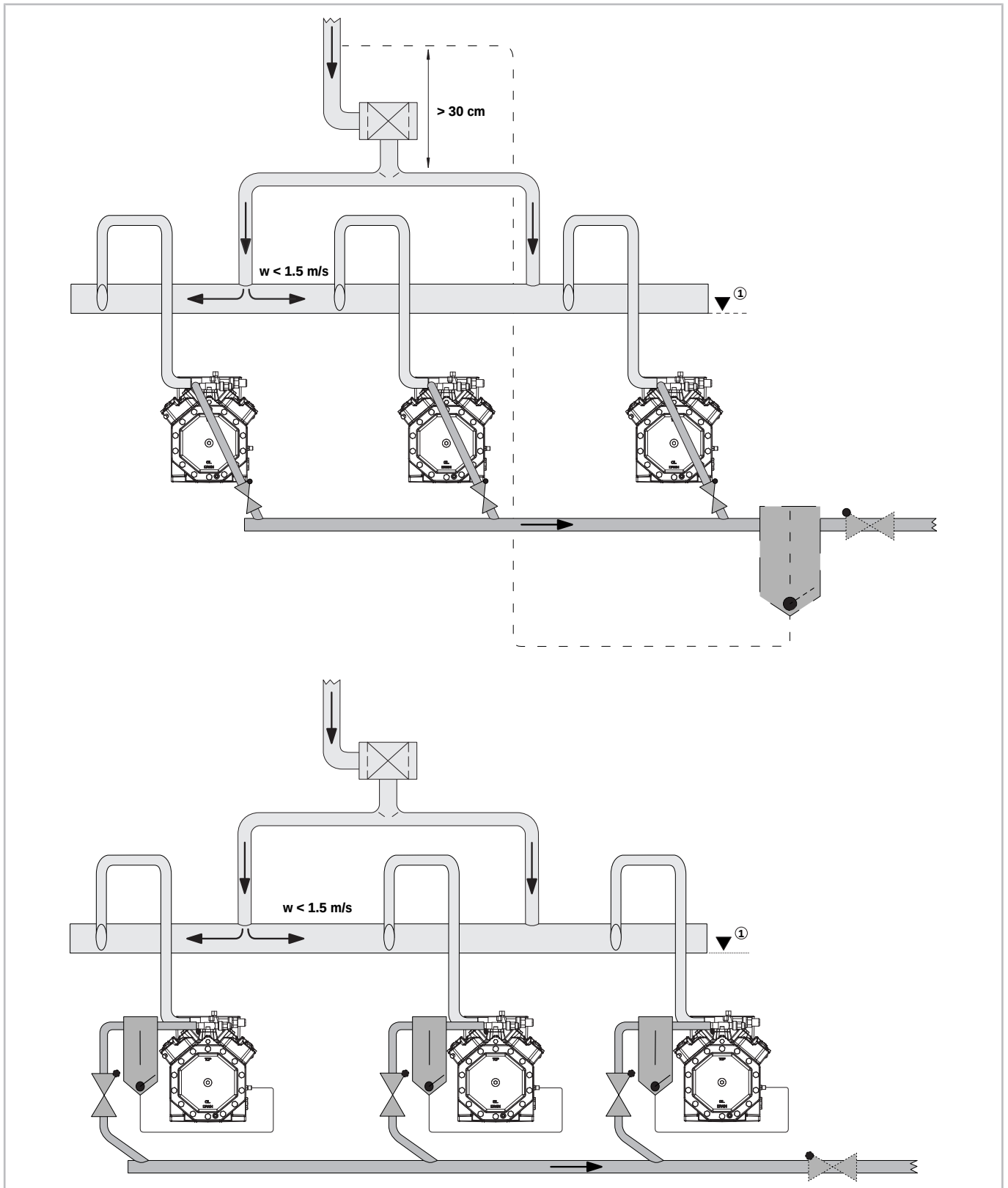


Fig. 9: Parallel compounding reciprocating compressor: Design of the pressure header

①: The suction header can also be arranged **below** the compressor level

Check valves

Check valves in the line sections to the header are required under the following conditions (*see figure 9, page 41*):

- If using an individual oil separator for each compressor – for protection against back condensation of refrigerant in the separator with the compressor shut-off. Arranged in each case downstream of the oil separator.
- If the cylinder heads of the compressors can cool down below the condensing temperature at standstill (*Parallel compounding with optimized suction header*).
- Check valve for a common oil separator (installation position towards the condenser):
 - If there is a danger of back condensation from the condenser or liquid receiver and
 - Systems with long shut-off periods

Check valves must be suitable for use in discharge gas lines – planning and dimensioning in accordance with manufacturer's specifications. As an alternative to installing a check valve, heating the oil separator during standstill is possible.

The design of check valves for R744 systems with FI operation is very challenging and not recommended, if necessary consult BITZER.

Oil separator and oil return

At a sufficient flow velocity, oil separators are not absolutely required for parallel compounding. However, they are generally recommended for systems with large variations in load and for low temperature applications in which the oil circulation in the system can widely vary. Depending on requirements, individual separators (per compressor) or a common separator can be used.

For the design of the separators, the entire capacity range, including operating times at higher evaporation temperatures (pull down conditions) among other things, must be taken into account. Particular care during design is required for systems equipped with a common separator.

- Oil return from **central** oil separator: directly into the suction gas line coming from the system – at least 300 mm upstream of the header or "Y-joint".
- Oil return from **individual separators**: directly into the oil return connection at the crankcase or into the suction gas line of the compressor in question

5.3 Parallel compounding with oil level controllers

Oil level controllers (with oil separator and oil reservoir) are for universal use. They should be given preference in the following applications:

- Parallel connection of > 3 compressors
- Compressors of different capacities and / or with capacity control (including speed-controlled compressors)
- Parallel connection of compressors operated at different suction pressures
- Systems which tend to migrate large amounts of oil to the low pressure side (e.g. low flow velocity at part load; critical limit depends on the operating conditions and the refrigerant)
- Branched systems with long lines and large amounts of refrigerant
- Compressors of different capacities and / or different lubrication systems (centrifugal lubrication / pump lubrication)
- R744 compressors (sub- and transcritical applications, systems with parallel compression)

The oil level in the compressor is actively monitored and topped up when required. There are different designs:

- Mechanical oil level controllers with a combination of float and valve systems
- Electronic oil level controllers with float or sensor technology (e.g.: *Oil level controller OLM-IQ*). The oil supply is controlled indirectly via an integrated or external solenoid valve. This version simultaneously allows minimum level monitoring of the oil level and should therefore be given preference.

Oil level controllers are mounted along with the relevant adaptors directly on the sight glass connection; in doing so, the available sight glass is removed (*Parallel compounding with oil level controllers*).

General requirements and recommendations

Systems equipped with oil level controllers require an oil separator that provides the oil to be distributed. In general, a common oil separator is used (*Parallel compounding with optimized suction header*).

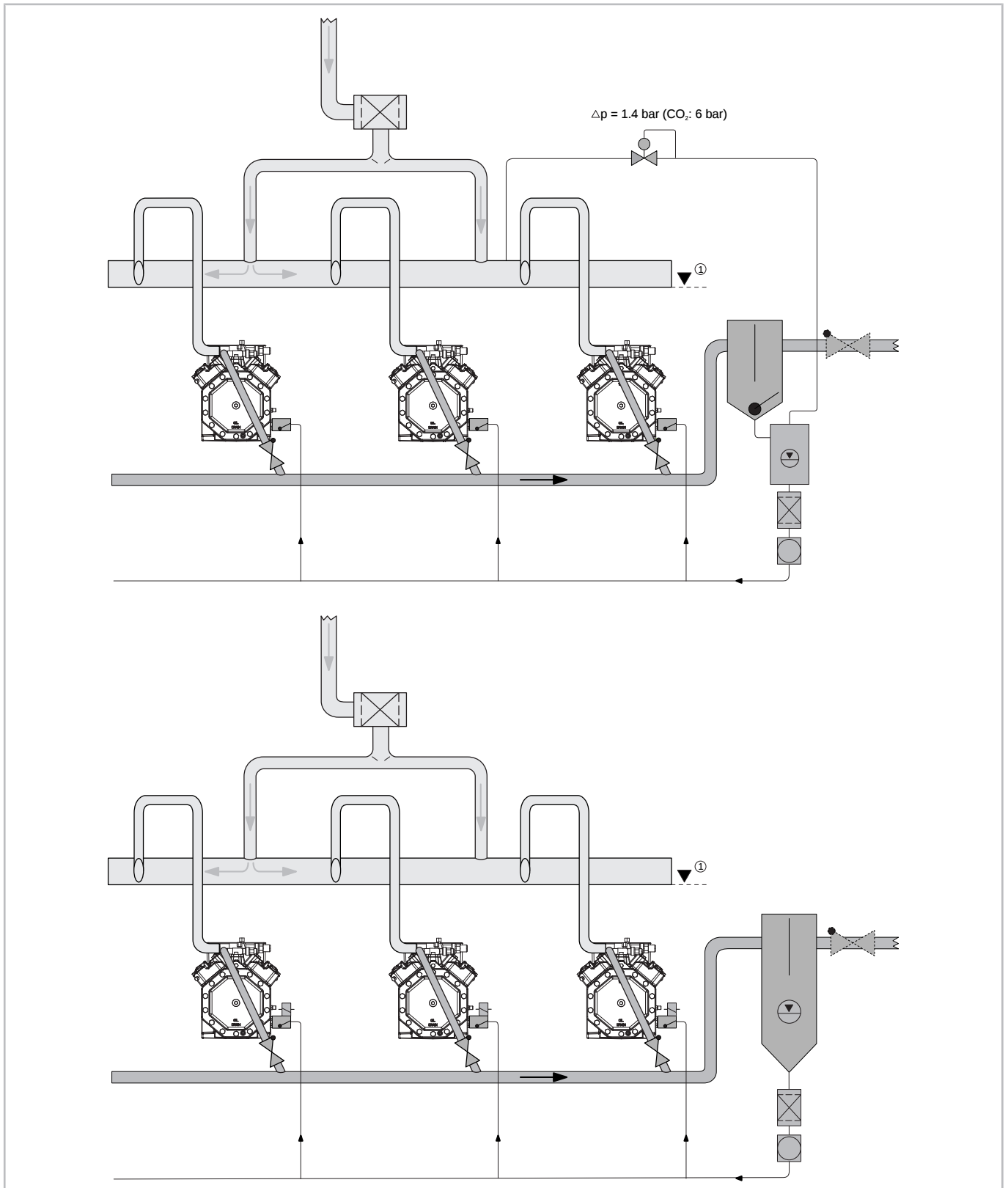


Fig. 10: Parallel compounding reciprocating compressor: Design with oil level controllers

①: The suction header can also be arranged **below** the compressor level

The oil distribution to the compressors (controllers) takes place from an oil tank. It must have a minimum volume to compensate for variations in the oil balance (design according to manufacturer's specifications). Two versions are on offer:

Low-pressure reservoir as a separate vessel (*see figure 10, page 44, top half*)

- The oil from the separator is fed into the tank under high pressure. There, a controlled pressure reduction takes place via a degassing line to the suction header. A differential pressure valve (1.4 bar) in the connecting line ensures sufficient excess pressure upstream of the oil level controller for "standard refrigerants".
- In 2-stage compressors, the crankcases are under intermediate pressure. The degassing line must therefore be routed to a transverse connecting line between the connections at the motor case cover (see dimensional drawings in Operating instructions *KB-150* or BITZER Software) – level of the connecting line below the connecting position.



NOTICE

Mechanical oil level controllers may only be suitable for relatively small pressure differences! Select a design for a working pressure of at least 6.5 bar.

- Systems for **transcritical operation with R744** require oil separators with coalescence filter cartridges. The oil separators must not be equipped with a float valve. If necessary, the (electronic / optical) level monitoring in the oil separator opens a solenoid valve in the line to the oil tank. The volume of the oil tank must be twice as large as the entire oil volume of the compressors. The pressure in the tank must be higher than the highest suction pressure in the system so that the oil can flow back into the compressors. Degassing is therefore routed into the corresponding suction gas line.

In systems with parallel compression, degassing always takes place at intermediate pressure level and not, for example, at the suction pressure level of compressors for medium temperature application. In the degassing line, discharge gas valves must preferably be used. The required pressure difference depends on the boundary conditions, pressure differences between 2.5 and 4.5 bar are normally necessary.

In so-called booster systems, the low pressure compressors are supplied with oil from the common tank. This can result in the excess pressure upstream of the oil level controller being clearly higher than the values permitted for mechanical controllers. This is why, in general, only electronic oil level controllers equipped with integrated solenoid valves that are suitable for the high differential pressures of R744 systems should be used.

To adjust the oil management, the following points must be observed and harmonized with each other:

- Nozzle cross-sections of the oil level controllers used in the respective compressor stage
- Opening times for oil replenishment of the oil level controllers used
- Provided oil volume in the tank
- Nominal maximum pressure difference in the tank
- Length and cross-section of the oil lines from the tank to the oil level controllers

High-pressure reservoir as additional oil reservoir in the lower part of the oil separator (*see figure 10, page 44, bottom half*)

- The oil separator has been designed here without float valve, the oil line leading directly to the oil level controllers.
- Only electronic oil level controllers with integrated solenoid valves are suitable for these systems. They must be suitable for operation with full pressure difference. The nozzles used for limiting the oil flow are adjusted as a function of the pressure difference according to manufacturer's specifications. This is extremely important because a large amount of refrigerant is dissolved in the oil due to the high upstream pressure. If pressure is subsequently reduced to the level of the crankcase, the refrigerant becomes gaseous again. If the continuous feed rate is too high, considerable foaming will occur, resulting in liquid slugging, increased oil carry over, insufficient oil level control and lack of oil.

Design of oil level controllers and accessories

The volume of the reservoir must be sufficiently large to compensate for different oil circulation rates in the system (e.g. increased oil return from evaporators after defrosting). Oil level controllers, oil reservoirs, differential pressure valves, oil filters (in the feed line to controllers), oil separators and check valves must be designed in accordance with manufacturer's specifications. In addition, check valves and oil separators are subject to the information given above (*Parallel compounding with optimized suction header*, *Parallel compounding with optimized suction header*).

Most BITZER reciprocating compressors have a screwed sight glass with a 1 1/8-18 UNEF connection, for details see the Operating Instructions of the respective compressor. Adaptors for mounting the oil level controllers are supplied by their respective manufacturers.

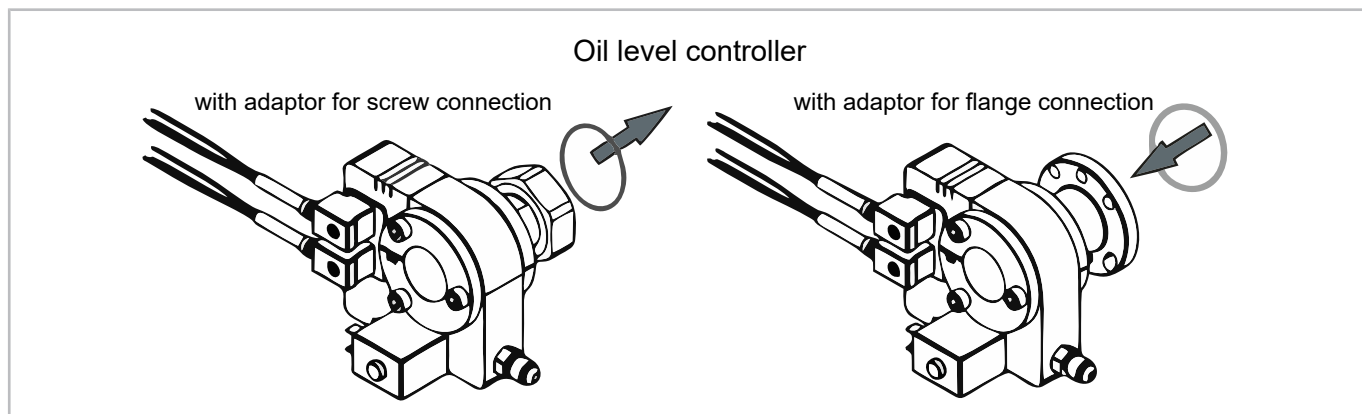


Fig. 11: Examples of oil level controllers for screwed and flanged connections (source: Armaturenwerk Altenburg, AWA)

Suction and pressure headers for use with oil level controllers

Headers and pipes can be designed in accordance with the versions shown above (*Parallel compounding with optimized suction header*, *Parallel compounding with optimized suction header*). However, suction headers have lower overall symmetry and gas velocity requirements: A lateral suction gas inlet is possible, and several suction line groups can be operated in parallel (e.g. with different suction pressures). For this case, a system with high-pressure reservoir is recommended for "standard refrigerants", in order to guarantee enough oil pressure at the controllers under all operating conditions. However, the pipe sections connected to the compressors should conform to the recommended design.

NOTICE

! Danger of liquid slugging!

In parallel compounding with oil level controllers, observe the recommended pipe layout!

Execute the construction such that no oil or refrigerant condensate (from the header) can flow back to the compressor at standstill.

In general, pressure headers and check valves must fulfil the criteria mentioned above (*Parallel compounding with optimized suction header*).

5.3.1 Oil level controller OLM-IQ

With the OLM-IQ, BITZER offers its own electronic oil level controller. It is mounted to the sight glass connection by means of an adaptor. The OLM-IQ actuator-sensor unit can be purchased as an accessory to the CM-RC compressor module (mounted ex factory or for retrofitting) and enables a stable oil level through continuous oil level measurement, dosing of the oil return and adaptation to the oil supply pressure. The logic including communication to the higher-level system controller and data log is fully integrated into the CM-RC (CM-RC-01 or CM-RC-02 with extension boards CM-IO-A or CM-IO-B).

The OLM-IQ is available for ECOLINE and ECOLINE tandem compressors for standard refrigerants and R744:

- OLM-IQ1: Design for standard compressors
- OLM-IQ2: Design for R744 applications with oil pressure difference up to 100 bar
- OLM-IQ3: Design for R744 applications with oil pressure difference up to 40 bar

For details see Technical information documents on the CM-RC:

- [KT-230](#): Technical information Compressor module CM-RC-01 for reciprocating compressors
- [KT-240](#): Technical Information Compressor module CM-RC-02 for reciprocating compressors
- [KT-241](#): Technical Information Extension board CM-IO-A for CM-RC-02
- [KT-242](#): Technical Information Extension board CM-IO-B for CM-RC-02



Fig. 12: Example equipment of a 8-cylinder compressor with CM-RC-02 compressor module, discharge gas temperature sensor, pressure transmitters, oil heater, CRII capacity control, differential oil pressure switch and OLM-IQ oil level controller.

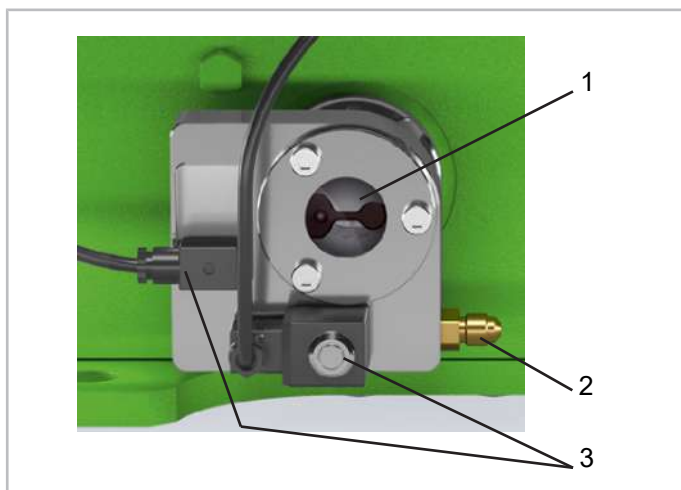


Fig. 13: Actuator-sensor unit of the OLM-IQ

1: Oil level sensor in the sight glass

2: Oil connection 7/16-20 UNF

3: Data cable and voltage supply in IP65 housing



Fig. 14: Oil level controller OLM-IQ2 (part no. 347 334 13) at the compressor (example)

6 Further components of the refrigeration system

Suction-side cleaning filter

In branched pipe works having many soldered or welded joints, formation of scale and other impurities can often not be avoided entirely. This is why the installation of a suction-side cleaning filter with interchangeable block inserts is urgently recommended. The filter elements remain in the system only temporarily, in order to collect detached impurities. Where required (e.g. motor damage), it is also possible to use acid-binding filters.

Installation position **upstream** of the suction header.

Suction-side suction accumulators

Any suction accumulator that may be required is selected taking into account the maximum and minimum capacities specified by the manufacturer. However, in particular with low temperature applications, the capacity ranges are relatively strongly limited with respect to pressure drop and oil return. If necessary, it is recommended to install several accumulators distributed over the individual sections. In series applications, it is advantageous to design the

suction header as a suction accumulator. In most cases, the installation of a special accumulator can be avoided by designing and controlling the system accordingly. An exception are systems with reverse cycling or when there is a danger of intermittent return of refrigerant or oil. Here, in particular the pipe layout with respect to a continuous oil return and a time delay when defrosting individual evaporators must be taken into account.

Condensers, desuperheaters, liquid receivers

For uniform distribution and optimum use of the condenser, only one common heat exchanger should be used. When liquid receivers, desuperheaters and water-cooled condensers are connected in parallel, one pipe joint each must be provided between liquid and gas.

Due to the large capacity range and seasonally different ambient temperatures, a condenser pressure control is required. This largely avoids larger variations in the condensing temperature and the resulting effect on the evaporation temperature. In pressure control, the following aspects should also be taken into account:

- Limiting the minimum possible condensing temperature according to the application limits of the compressors
- "Intelligent" control of the condensing temperature (as a function of load and supply air temperature) through variable air volumes of the condenser fans. For the best possible coefficient of performance (COP), the control algorithm should guarantee an optimum balance between the power consumption of compressors and fans under all conditions.

If a desuperheater is used for heat recovery, in addition to the performance, the refrigerant-side connections must also be taken into account, while the line cross-section must be tailored to the overall performance. The desuperheater may only be installed between oil separator and condenser. If used alternately as desuperheater and condenser, additional measures may be necessary, in order to avoid pressure-side liquid slugging and refrigerant migration.

Evaporators

Depending on the type of compound system, either individual evaporators or a larger number of evaporators will be used. Due to the in most cases large capacity range, in particular for individual evaporators, it may be necessary to have several refrigerant circuits controllable by solenoid valves, each of which a separate expansion valve is assigned to. As protection against large liquid surges during start, the suction gas line should be raised directly downstream of the evaporator (swan neck).

If a pump down system is in place, this measure can be omitted.

7 Safety devices and system control

Safety devices

Each individual compressor must be secured with pressure switch(es) to prevent the permitted high pressure from being exceeded and with a protection device as well as oil pressure and oil level monitoring. In particular when operating at the thermal application limit, a discharge gas temperature sensor (accessory) is additionally recommended. As protection against increased refrigerant solution in the oil at standstill, for customary applications an oil heater (accessory) is required. A temperature-dependent control of the oil heater allows the energy requirement to be clearly reduced.

The BITZER compressor module CM-RC (CM-RC-01 or CM-RC-02 with extension boards CM-IO-A or CM-IO-B) can secure the compressor very reliably and integrate many functions, and the electrical installation is less complicated. Securing and operating integrated functions:

- Activation of additional fan, refrigerant injection, oil heater, start unloading, switching times of the compressor contactors during start
- Activation of the capacity control for adjusting the cooling or heating capacity to the actual demand (via Modbus or set point signal) – thus guaranteeing maximum compressor availability and efficiency
- Active monitoring of the operating parameters (application limits)

- Communication via the BEST SOFTWARE: Feedback via compressor operation
- Communication with system controller
- Control of the OLM-IQ (*Oil level controller OLM-IQ*)

Detailed information, assembly information and information about the electrical connection of the CM-RC:

- KT-230: Technical information Compressor module CM-RC-01 for reciprocating compressors
- KT-240: Technical Information Compressor module CM-RC-02 for reciprocating compressors
- KT-241: Technical Information Extension board CM-IO-A for CM-RC-02
- KT-242: Technical Information Extension board CM-IO-B for CM-RC-02

To secure the overall system against the pressure being exceeded, the specifications of the standard safety regulations and standards (e.g. EN378, ISO5149) must be observed. To monitor the minimum permitted suction pressure, a common low pressure limiter set to a lower pressure level than the suction pressure control is usually sufficient. It only serves as protection against a possible failure or a fault in the system control.

Information on compressor protection devices:

- CT-120: Protection devices for BITZER compressors

Information on oil monitorings:

- AT-170: Oil monitoring for BITZER products – overview

System control

A compound system is controlled either as a function of the suction pressure or of a defined process temperature. For systems having a relatively high number of evaporators, a suction pressure control adjusted to the demand is customary. To this end, the manufacturers of regulators offer a wide range of products. The control algorithm should guarantee at least the following:

- Demand-dependent switch-on and switch-off of individual compressors and their capacity control (finely tuned mechanical or speed control), as a function of a defined suction pressure with a narrow bandwidth. In doing so, the design criteria described above should be taken into account (*Selection of compressor and accessory*).
- Securing the max. cycling rate and minimum running time of the compressors. This is possible, for example, through a time limit from start to start as well as a minimum running time secured by the control algorithm, which may only be fallen short of during safety cut-outs.
- Automatic change of the lead compressor for uniformly distributed operating hours of the compressors. This ensures a balanced load and minimum wear.
- When the lead compressor is switched off in controlled fashion (via the min. suction pressure), you must ensure that the solenoid valves in the liquid line or the electronic expansion valves can only be activated following a possible time delay of the lead compressor. This is also true when all compressors are shut down by a safety device (e.g. high pressure switch-off). This avoids flooding of the evaporators with liquid.
- Adjustment of the suction pressure to demand, for example automatic increase at reduced load
- Reasonable control of the condensing temperature (*Further components of the refrigeration system*)

Information on the operation of reciprocating compressors with frequency inverters:

- KT-420: BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters

8 Installing the compressor



CAUTION

The compressor is filled with a protective charge: Excess pressure 0.2 .. 0.5 bar nitrogen.

Risk of injury to skin and eyes.



Depressurise the compressor!

Wear safety goggles!

Rigid assembly on a common frame has proven advantageous – however, the compressors for the oil and gas equalisation versions and the optimized suction header must be at an absolutely identical level. An advantage of this type of assembly is that the entire pipe layout between the compressors can also be rigid. However, care must be taken that the pipe sections from the compressor to the suction and pressure headers are still flexible enough by providing a suitable pipe layout and length.

Depending on the sound emission and / or structure-borne sound requirements, the overall frame can be mounted on vibrating elements.



Information

Observe tightening torques for screwed connections according to maintenance instructions *AW-100!*

9 Commissioning

Prior to commissioning, safety devices and system control must be carefully adjusted and their function must be checked (*Safety devices and system control*).

To avoid gear hunting during commissioning, the receiver is filled with a basic supply of refrigerant. This is followed by switching on each compressor individually (procedure in accordance with the relevant operating instructions) and checking immediately for secured oil supply (visual inspection on the sight glass of the compressor or oil level controller). The oil level must be controlled over a longer period of time under all operating and load conditions. If required, the oil supply (level 1/4 .. 3/4 of the sight glass height) and the refrigerant must be topped up. With respect to temperature and oil return, the oil separator must be checked (install a sight glass for visual inspection). The oil return must take place intermittently, a constantly overflowing hot gas/oil mixture indicating a fault. The following causes may be present and must be rectified immediately:

- Overcharging of the system with oil
- Separator too small
- Float valve defective or dirty



NOTICE

For commissioning and maintenance, the respective operating instructions must be additionally observed (*Introduction*)!

Sommaire

1	Introduction	53
2	Sécurité	54
3	Sélection du compresseur et des accessoires	55
3.1	Sélection avec BITZER Software	58
4	Éviter les dégâts dus à des longueurs de tube critiques	61
5	Gestion d'huile	62
5.1	Égalisation d'huile et de gaz entre les carters	62
5.2	Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration	63
5.3	Installation avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile	69
5.3.1	Régulateur de niveau d'huile OLM-IQ	73
6	Autres composants de l'installation frigorifique	74
7	Dispositifs de sécurité et commande de l'installation	76
8	Mise en place du compresseur	78
9	Mise en service	78

1 Introduction

Dans une installation avec compresseurs en parallèle, plusieurs compresseurs sont combinés dans un circuit frigorifique commun. Les installations sont souvent complexes et ont des exigences particulières surtout concernant le retour et la répartition d'huile entre les compresseurs et la commande de l'installation. Ce document contient des informations importantes relatives à la planification et la réalisation. Il faut également tenir compte de critères liés à l'installation et de prescriptions spéciales des constructeurs concernant les accessoires (par ex. séparateur d'huile, régulateurs de niveau d'huile). La conception et les accessoires doivent être adaptés si nécessaire.

En outre, les règles de l'art reconnues et les dispositions de sécurité en vigueur doivent être respectées.

Fluides frigorigènes

Ce document s'occupe de centrales frigorifiques avec des fluides frigorigènes HFC et HFO ainsi que R744. Pour les centrales frigorifiques avec R717 (NH₃), voir l'information technique [AT-640](#).

Tenir également compte de la documentation technique suivante

- [KB-100](#): Instructions de service Compresseurs à piston hermétiques accessibles monoétagés
- [KB-120](#): Instructions de service Compresseurs à piston hermétiques accessibles pour applications R744 sous-critiques
- [KB-130](#): Instructions de service Compresseurs à piston hermétiques accessibles pour applications R744 trans-critiques
- [KB-150](#): Instructions de service Compresseurs à piston hermétiques accessibles bi-étagés
- [KB-520](#): Instruction de service Compresseurs ouverts à piston 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- [CB-110](#) et [CB-111](#): Instructions de service VARIPACK – convertisseurs de fréquences BITZER externes
- [AT-640](#): L'utilisation d'ammoniac (R717) dans des compresseurs BITZER
- [AT-744](#): Guide d'application pour l'utilisation de R744

Avantages d'une installation avec compresseurs en parallèle

Les arguments pour ou contre une installation avec compresseurs en parallèle sont trop divers pour faire un jugement général – il y a cependant plusieurs caractéristiques avantageuses :

- adaptation optimale de la puissance au besoin, surtout avec une régulation de puissance supplémentaire des compresseurs (système CRII ou convertisseur de fréquences)
- faible charge du réseau lors du démarrage grâce à une mise en circuit progressive des compresseurs
- en cas de défaillance d'un compresseur ou convertisseur de fréquences, l'installation peut continuer à fonctionner pendant un certain temps
- en cas d'installations avec de nombreuses ramifications, l'installation des tubes est plus simple et économique par rapport aux circuits frigorifiques séparés

2 Sécurité

Personnel spécialisé autorisé

Seul un personnel spécialisé ayant été formé et initié est autorisé à effectuer des travaux sur les produits et les installations dans lesquelles ils sont ou seront installés. Les réglementations et directives nationales respectives s'appliquent à la qualification et à l'expertise du personnel spécialisé.

Risques résiduels

Des risques résiduels inévitables sont susceptibles d'être causés par les produits, les accessoires électroniques et d'autres composants de l'installation. C'est pourquoi toute personne qui travaille sur cela est tenue de lire attentivement ce document ! Doivent absolument être prises en compte :

- les normes et prescriptions de sécurité applicables
- les règles de sécurité généralement admises
- les directives européennes
- les réglementations et normes de sécurité nationales

Selon le pays, différentes normes sont appliquées lors de l'installation du produit, par exemple: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, normes UL.

Équipement de protection individuelle

Pour tous les travaux sur des installations et leurs composants : Porter des chaussures, vêtements et lunettes de protection. Porter également des gants de protection contre le froid lors des travaux sur le circuit frigorifique ouvert et sur les composants susceptibles de contenir des fluides frigorigènes.



Fig. 1: Porter l'équipement de protection individuelle !

Indications de sécurité

Des indications de sécurité sont des instructions pour éviter de vous mettre en danger. Respecter avec soins les indications de sécurité !



AVIS

Indication de sécurité pour éviter une situation qui peut endommager un dispositif ou son équipement.



ATTENTION

Indication de sécurité pour éviter une situation potentiellement dangereuse qui peut provoquer des lésions mineures ou modérées.



AVERTISSEMENT

Indication de sécurité pour éviter une situation potentiellement dangereuse qui peut entraîner la mort ou des blessures graves.



DANGER

Indication de sécurité pour éviter une situation immédiatement dangereuse qui peut provoquer la mort ou des blessures graves.

Outre les indications de sécurité énumérées dans le présent document, il est indispensable de respecter les indications et les risques résiduels figurant dans les instructions de service respectives !

3 Sélection du compresseur et des accessoires

Sélection du compresseur et classement des puissances

Pour la conception de l'installation avec compresseurs en parallèle, il faut déterminer la puissance nécessaire exacte :

- puissance nécessaire en cas de charge maximale (conditions de conception)
- puissance nécessaire en cas de charge minimale (fonctionnement pendant la nuit, fonctionnement en dehors des heures d'ouvertures par ex. pour les supermarchés, demande de froid réduite et faible température de condensation en cas de faibles températures extérieures, ...)
- Nombre d'évaporateurs utilisés en parallèle

Comme chaque évaporateur peut avoir un impact différent sur la charge totale, les différentes charges doivent être évaluées selon leur contribution à la charge totale pendant une durée de fonctionnement déterminée. Une régulation intelligente permet cependant la distribution des charges de telle façon que la demande de froid ne change pas considérablement.

La meilleure précision de régulation est atteinte si le groupe de compresseurs peut couvrir la demande de froid par une variation presque continue de la puissance frigorifique entre le minimum et le maximum. Une plage de régulation trop petite et des changements de charge ou de puissance importants résultent dans l'instabilité de l'ensemble du système. Les compresseurs avec une vitesse variable ou une régulation de puissance mécanique précise (par ex. CRII) sont parfaitement adaptés pour atteindre une régulation de processus stable si la plage de régulation d'au moins un compresseur peut combler les lacunes de puissance résultant de la mise en circuit et hors circuit d'autres compresseurs.

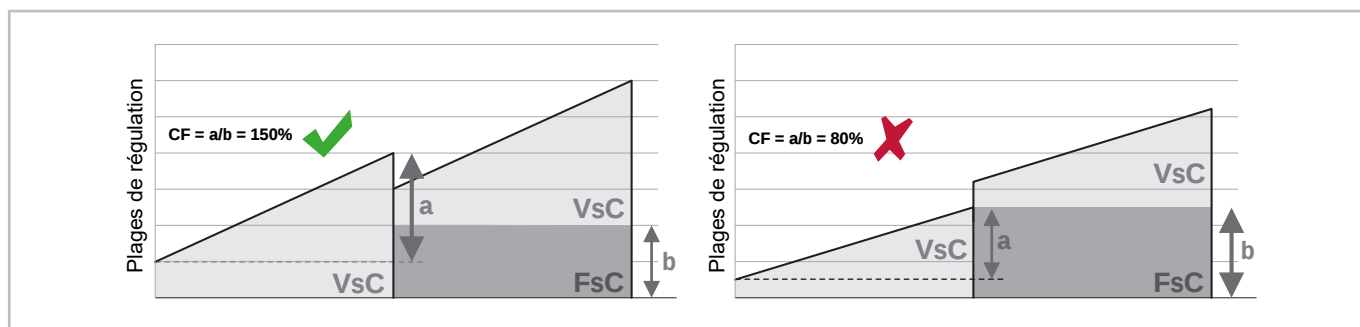


Fig. 2: Exemples de la précision de régulation d'une installation avec 2 compresseurs en parallèle (source : ASERCOM)

VsC : compresseurs avec une vitesse variable

FsC : compresseurs avec une vitesse fixe

CF : précision de régulation en %

Pour plus d'informations sur la sélection optimale de compresseurs et la régulation de puissance, voir « *Recommandations de l'ASERCOM pour la conception de centrales de compresseurs multiples utilisant des variateurs de fréquence* » (chapitre 2).

Installations frigorifiques à plusieurs étages

Pour les installations frigorifiques modernes, une régulation de la puissance est indispensable, surtout dans le cas des fluides frigorigènes dont la densité d'aspiration et la puissance frigorifique volumétrique sont élevées. Les objectifs sont les suivants :

- Couverture des charges minimales mêmes faibles, de préférence sans commutation marche-arrêt
- Une précision de régulation élevée (CF) avec un minimum de changements de puissance par étage

- Réduction des coûts, par exemple en augmentant la capacité avec un nombre inférieur de compresseurs
- Faible diversité des compresseurs utilisés
- Sécurité de fonctionnement

Les exigences contradictoires entraînent parfois des étages de charge avec beaucoup de cycles marche-arrêt et des conditions de fonctionnement instables (variables) en raison d'une faible précision de régulation. Cela peut se traduire par un rendement réduit, un fonctionnement en noyé, un circuit de régulation variable, des conditions de fonctionnement défavorables pour les compresseurs, une mauvaise régulation de la température et une mauvaise qualité du produit.

Pour compléter l'exemple ci-dessus d'une installation frigorifique monoétagée, il peut être utile de calculer la précision de régulation d'une installation frigorifique à plusieurs étages (réfrigération à moyennes et basses températures) selon la méthode suivante. Elle tient compte de la tendance de l'industrie à utiliser de moins en moins de compresseurs par groupe d'aspiration ou étage de température et permet de combiner les exigences contradictoires suivantes : précision de régulation élevée, couverture des états de charge minimaux et évaluation de l'installation complète. Cela peut être atteint par l'évaluation séparée de l'étage de réfrigération à basse température (LT) et la charge minimale de l'étage de réfrigération à moyenne température (MT).

$$CF_{MT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (1)$$

$$CF_{MT\ min} = \frac{Q_{o\ MT\ max} - Q_{o\ MT\ min}}{Q_{o\ MT\ max}} \quad (2)$$

$$CF_{LT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (3)$$

$$CF_{System} = CF_{MT\ nom} + CF_{MT\ min} + CF_{LT\ nom} \quad (4)$$

Fig. 3: Calcul de la précision de régulation totale $CF_{systeme}$ d'une installation frigorifique à plusieurs étages :

$Q_{VsC\ max}$: puissance frigorifique du compresseur à vitesse variable à la vitesse maximale

$Q_{VsC\ min}$: puissance frigorifique du compresseur à vitesse variable fonctionnant à vitesse minimale

Q_{FsC} : puissance frigorifique minimale du compresseur à vitesse fixe (le cas échéant, en tenant compte de la régulation de puissance)

nom : puissance nominale dans les conditions de conception

min : puissance minimale dans les conditions de conception

Dans une première étape (formule 1 et 3), les facteurs de régulation pour les étages de réfrigération à moyennes (MT) et à basses températures (LT) sont calculés comme décrit dans la *directive ASERCOM*.

La formule 2 calcule en outre la capacité de couvrir la charge minimale de l'étage de réfrigération à moyenne température. À cette fin, on suppose des conditions standard sans charge de réfrigération à basses températures (c.-à-d. seulement la réfrigération à moyenne température est prise en compte, le compresseur de réfrigération à basses températures est exclu du calcul).

Dans la dernière étape (formule 4), la valeur $CF_{systeme}$ est calculée comme la somme des valeurs CF individuelles.

L'évaluation finale distingue 5 catégories de précision de régulation CF :

Précision de régulation CF	Évaluation
$CF \geq 3$	excellent
$3 > CF \geq 2,5$	bon
$2,5 > CF \geq 1,95$	acceptable
$1,95 > CF \geq 1,55$	défavorable
$CF < 1,55$	inacceptable

Ce calcul de la valeur CF est également applicable si aucun des compresseurs n'est équipé d'une régulation de puissance. Dans ce cas, le terme correspondant a la valeur zéro ce qui réduit considérablement la précision de régulation totale $CF_{systeme}$.

Compresseur tandem

Le compresseur tandem est la version plus simple d'une installation avec deux compresseurs en parallèle. La chambre du gaz aspiré à gros volume commune permet généralement une répartition d'huile uniforme. Pour une gestion optimale de l'huile et une longue durée de service, il est tout de même recommandé d'utiliser une commande avec une inversion automatique des priorités par cycles qui assure également une durée de marche minimale suffisante des deux compresseurs. Un fonctionnement de courte durée renforce l'éjection d'huile et réduit la durée de service.

Une adaptation précise de la puissance est possible par la mise en circuit et hors circuit des deux compresseurs en combinaison avec des régulateurs de puissance (déconnexion des cylindres – CRII). La régulation de vitesse d'un (seul) côté du compresseur est une alternative. Aussi dans ce cas-ci, une inversion des priorités par cycles est recommandée, mais le convertisseur de fréquences devrait être assigné en alternance au compresseur de base par inversion électrique.



Fig. 4: Compresseur tandem ECOLINE à 4+4 cylindres. À gauche : vue latérale, à droite : vue du couvercle de palier, gris : régulation de puissance CRII

Refroidissement additionnel

Dans les centrales frigorifiques, les compresseurs sont souvent installés séparément des condenseurs. En fonction des conditions spécifiques, un refroidissement additionnel peut être nécessaire (voir limites d'application) - soit

- à air (ventilateur additionnel)
- et/ou avec une injection de fluide frigorigène (RI) à régulation électronique
- ou à eau (têtes de culasse refroidies par eau pour les compresseurs 4JE .. 4FE , 6JE .. 6FE).

Lors de la mise à l'arrêt du compresseur, le refroidissement additionnel doit également être arrêté. Dans le cas d'un ventilateur, il suffit de coupler le contacteur du compresseur avec celui du ventilateur. Lorsqu'un module de compresseur électronique CM-RC est utilisé, le ventilateur additionnel est commandé en fonction de la température du gaz de refoulement, selon les besoins. Une vanne magnétique doit être installée en amont de la tête de culasse refroidie par eau. Elle ferme le flux d'eau à l'arrêt du compresseur. Un refroidissement additionnel activé en permanence augmente le risque de condensation du fluide frigorigène dans la tête de culasse et réduit l'effet du réchauffeur d'huile. Cela peut causer un fort enrichissement de fluide frigorigène dans l'huile.

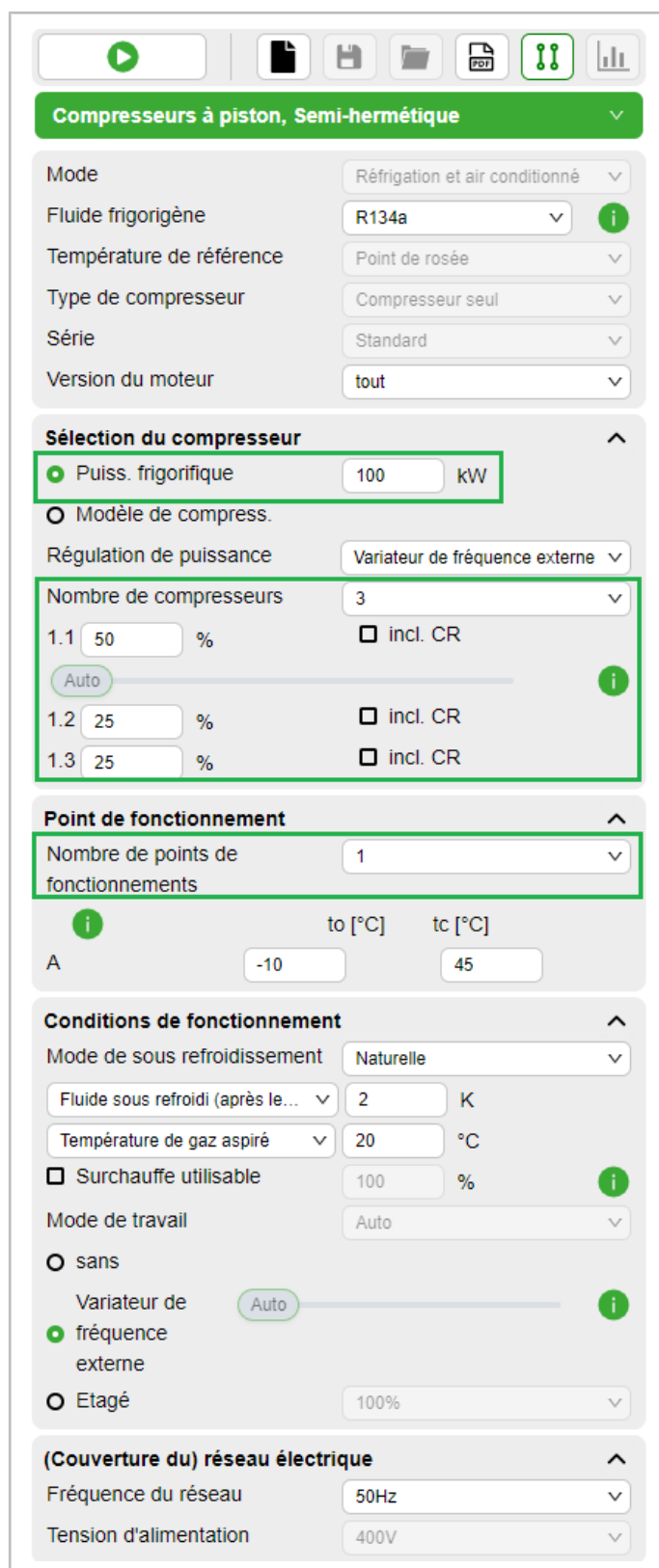
3.1 Sélection avec BITZER Software

Le logiciel BITZER Software permet de concevoir des centrales frigorifiques pour des compresseurs à piston hermétiques accessibles, ouverts et bi-étagés. Ci-dessous les étapes à suivre sont expliquées à l'aide d'un exemple :

Fluides frigorigènes	R134a
Puissance frigorifique 3 compresseurs	100 kW
Conditions de fonctionnement	$t_o = -10^{\circ}\text{C}$ $t_c = 45^{\circ}\text{C}$ $t_{oh} = 20^{\circ}\text{C}$
Conditions de réseau	400 V / 3 / 50 Hz
Régulation de puissance	Compresseur 1 avec convertisseur de fréquences et 50% de la puissance, compresseur 2 et 3 avec 25% chacun

Tab. 1: Conditions de base de l'exemple dans le logiciel BITZER Software. Chaque évaporateur est équipée d'un échangeur de chaleur interne.

1. Cliquer sur la touche , sélectionner ou saisir les conditions de base et cliquer sur la touche  pour démarrer le calcul



The screenshot shows the Bitzer Software interface for configuring a refrigeration system. The main title is "Compresseurs à piston, Semi-hermétique". The interface is divided into several sections:

- Mode:** Réfrigération et air conditionné (dropdown)
- Fluide frigorigène:** R134a (dropdown)
- Température de référence:** Point de rosée (dropdown)
- Type de compresseur:** Compresseur seul (dropdown)
- Série:** Standard (dropdown)
- Version du moteur:** tout (dropdown)
- Sélection du compresseur:**
 - ☒ Puiss. frigorifique: 100 kW
 - ☐ Modèle de compress.
 - Régulation de puissance: Variateur de fréquence externe (dropdown)
 - Nombre de compresseurs: 3 (dropdown)
 - 1.1: 50 % ☐ incl. CR
 - 1.2: 25 % ☐ incl. CR
 - 1.3: 25 % ☐ incl. CR
- Point de fonctionnement:**
 - Nombre de points de fonctionnements: 1 (dropdown)
 - to [°C]: -10
 - tc [°C]: 45
- Conditions de fonctionnement:**
 - Mode de sous refroidissement: Naturelle (dropdown)
 - Fluide sous refroidi (après le...): 2 K
 - Température de gaz aspiré: 20 °C
 - ☐ Surchauffe utilisable: 100 %
 - Mode de travail: Auto (dropdown)
 - ☐ sans
 - ☒ Variateur de fréquence externe: Auto
 - ☐ Etagé: 100%
- (Couverture du) réseau électrique:**
 - Fréquence du réseau: 50Hz (dropdown)
 - Tension d'alimentation: 400V (dropdown)

Fig. 5: Conception de centrales frigorifiques pour des compresseurs à piston dans le logiciel BITZER SOFTWARE.

La fenêtre avec les accessoires s'ouvre et propose un convertisseur de fréquences VARIPACK pour le compresseur 1 et un réservoir commun pour tous les 3 compresseurs.

4 Éviter les dégâts dus à des longueurs de tube critiques

Les compresseurs volumétriques ne refoulent pas tout à fait sans interruption le fluide frigorigène : des pulsations viennent se superposer à la haute pression et la basse pression. Les pulsations se propagent dans les tubes à la vitesse sonique de la vapeur de liquide frigorigène, et peuvent être réfléchies au niveau de coudes de courbure de tube à 90°, d'extrémités fermées ou de vannes. Si les longueurs de tube droit choisies jusqu'au point de réflexion ne sont pas appropriées, des résonances et des ondes stationnaires apparaissent. Celles-ci peuvent provoquer des pointes de pression très élevées, des contraintes importantes sur les tubes et de fortes hausses de température. Ces effets peuvent aboutir à des ruptures de tube.

Pour éviter des ruptures de tube, il convient de déterminer les longueurs de tube critiques et d'éviter leur présence sous forme de tronçons de tube droits dans l'installation, notamment dans la conduite du gaz de refoulement et la conduite d'économiseur. Il convient également d'éviter la moitié de la longueur de tube : elle correspond aux ondes harmoniques avec le double de fréquence.

Le calcul nécessite :

- La vitesse sonique dans la vapeur de liquide frigorigène aux pressions et températures spécifiques de l'installation. Elle peut être déterminée au moyen de logiciels de fluide frigorigène et données de substances tels qu'ASEREP, d'Asercom, ou RefPropvon, de NIST.
- La fréquence des pulsations. Elle dépend de la structure du compresseur et de la fréquence de la tension d'entraînement. Avec des convertisseurs de fréquences, elle est donc variable.

À utiliser pour les compresseurs BITZER :

Construction	Vitesse de rotation	Pulsation	
Compresseur à piston hermétique accessible	$n \approx 0,5 \times f$	$f_p = n \times z$	Moteurs à 4 pôles, z : nombre de cylindres
Compresseur à vis	$n \approx f$	$f_p = n \times z$	Moteurs à 2 pôles, z : nombre de traverses profilées
Compresseur à scroll	$n \approx f$	$f_p = n$	Moteurs à 2 pôles, un par écoulement

Tab. 2: Compresseurs pour applications stationnaires de BITZER

n : vitesse de rotation du moteur du compresseur en Hz

f : fréquence de la tension d'entraînement en Hz

z : nombre de cylindres ou de traverses profilées (5 ou 4 traverses profilées)

f_p : fréquence de la pulsation en Hz

Les longueurs de tube critiques peuvent ensuite être calculées comme indiqué ci-après :

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

Fig. 7: L_{kr} : longueur de tube critique en m

c : vitesse sonique en m/s

Exemple pour un compresseur à vis avec convertisseur de fréquences :

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

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

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

Exemple pour un-compresseur à piston à 4 cylindres avec convertisseur de fréquences :

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

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

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

Il est recommandé de ne pas utiliser non plus de plage de tolérance de $\pm 15 \%$ pour les valeurs de longueur de tube critique déterminées afin de pouvoir tenir compte d'incertitudes, par ex. lors de la détermination de la température et la pression, ainsi que du glissement du moteur asynchrone. Dans les exemples ci-dessus, le nombre entre parenthèses correspond aux ondes harmoniques avec double fréquence. S'il n'est pas possible d'éviter certaines longueurs de tube, il est possible de calculer à l'inverse les plages de fréquence devant être exclues.

Il est possible d'empêcher largement la réflexion des manières suivantes

- utilisation de deux coudes à 45° au lieu d'un coude à 90° ,
- tubes coudés présentant un rayon de courbure élevé > 24 fois le diamètre de tube, et
- regroupement à 45° .

Des amortisseurs de pulsations bien adaptés dans les conduites pour le gaz de refoulement et le raccordement de l'économiseur peuvent souvent atténuer suffisamment les pulsations.

5 Gestion d'huile

5.1 Égalisation d'huile et de gaz entre les carters

Pour les compresseurs de petite ou moyenne puissance, une égalisation d'huile et de gaz entre les carters est fréquemment sélectionnée. Cette option est peu onéreuse, mais elle présente des inconvénients décisifs : puisque les carters sont reliés par un tube, le gaz d'aspiration (dans le bipasse) circule en permanence à travers les compresseurs même s'ils sont mis à l'arrêt. En cas de conditions défavorables, de l'huile peut pénétrer dans les compresseurs en fonctionnement. Cela peut perturber la gestion de l'huile et endommager les compresseurs – une différence de pression de seulement 0,01 bar correspond à une différence de niveau d'huile d'env. 11 cm. Pour cette raison, les méthodes décrites ci-dessous sont recommandées (*Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*, *Installation avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile*).

Le passage du fluide frigorigène gazeux à travers les compresseurs arrêtés peut très facilement entraîner le lessivage de l'huile des paliers du vilebrequin et des bielles, ce qui peut provoquer des dommages au compresseur. Ce phénomène de lessivage dépend fortement du fluide frigorigène ainsi que de la régulation du système en parallèle. Les mélanges de fluides frigorigènes contenant des composants insaturés (HFO), les HFO purs et les hydrocarbures comme le R290, le R600a et le R1270 provoquent un lessivage important. La commande des temps de marche et d'arrêt des compresseurs a également une influence. L'égalisation d'huile et de gaz ne peut donc être utilisée qu'avec des fluides frigorigènes et des systèmes de commande pour lesquels le fabricant de l'installation frigorifique a acquis une bonne expérience.

Les carters des compresseurs BITZER de la série BE5 et BE6 (4JE-13 .. 6FE-50) peuvent être munis de conduites d'égalisation de gaz et d'huile largement dimensionnées et indépendantes les unes des autres. Les raccords correspondants sont disponibles en série (voir les instructions de service *KB-100*) et les adaptateurs appropriés sont disponibles comme accessoire. Il est recommandé d'utiliser des conduites de liaison aussi courtes que possible. Les déviations de la connexion horizontale exactement droite par de légers coudes ne sont admissibles que vers le haut dans la conduite d'égalisation de gaz et que vers le bas dans la conduite d'égalisation d'huile. Mais même cette variante est, au vu des remarques ci-dessus, plutôt appropriée pour des installations qui sont fabriquées en série ou au moins régulièrement (selon l'expérience pratique et les contrôles).

5.2 Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration

Jusqu'à présent, cette variante est surtout utilisée dans des groupes refroidisseurs de liquide fabriquées en série ou dans des installations spécifiquement testés. Il est vrai qu'un déplacement d'huile direct entre les compresseurs est exclu dans ce cas, mais des mesures et conditions spéciales sont nécessaires pour une répartition d'huile uniforme.

Le système de circulation d'huile interne des compresseurs est conçu de telle façon que l'éjection d'huile varie en fonction du niveau d'huile dans le carter. Avec un collecteur d'aspiration optimisé **et** une commande intelligente pour centrales frigorifiques, cela a l'effet d'une autorégulation.

Exigences et indications générales

- Le concept peut être appliqué aux installations avec
 - ≤ 4 compresseurs de la même puissance et sans régulation de puissance
 - un système de lubrification identique des compresseurs et surveillance de l'alimentation en huile par des contrôleurs de niveau d'huile (lubrification centrifuge) ou des limiteurs de pression d'huile (lubrification par pompe). Les compresseurs avec une lubrification centrifuge et une lubrification par pompe ne peuvent être combinés que dans la version avec des régulateurs de niveau d'huile (*Installation avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile*).
- Une inversion des priorités par cycles à l'intervalle de 1 heure au maximum est nécessaire afin que la température des compresseurs mis à l'arrêt ne diminue pas trop. Idéalement, la température des têtes de culasse ne descend pas en dessous de la température de condensation pour éviter un retour de condensation. Une température élevée réduit également la concentration du fluide frigorigène dans l'huile et réduit ainsi l'éjection d'huile lors du démarrage du compresseur.
- Conception de l'installation/tuyauterie : Un transport uniforme de l'huile dans l'installation en pleine charge et en charge partielle est nécessaire pour un fonctionnement sûr. À cet effet, la tuyauterie doit être conçue en tenant compte de vitesses d'écoulement minimales.
- Commande de l'installation : il est recommandé d'utiliser une logique de commande intelligente qui assure une commutation de séquences automatique ainsi que des durées de fonctionnement des compresseurs de la même longueur avec une fréquence de commutation minimale.

En cas de spécification différente ou de tuyauteries ramifiées avec une gestion de l'huile difficile, des installations avec des régulateurs de niveau d'huile sont recommandées (*Installation avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile*). Des exceptions sont possibles pour des concepts éprouvés pour l'application spécifique.

Version de construction de collecteurs d'aspiration

- Structure absolument symétrique (voir fig. ci-dessous) du collecteur et de l'entrée de la conduite du gaz d'aspiration et des tronçons de tuyauterie dans les compresseurs
- Entrée de gaz d'aspiration :
 - 2 compresseurs : centrale
 - 3 ou 4 compresseurs : à travers une « culotte » symétrique

Une entrée latérale est très désavantageuse (même à faible vitesse de gaz) en raison de l'irrégularité du flux et de la distribution de l'huile dans le collecteur. Si des raisons impérieuses justifient le raccordement latéral, le compresseur à vitesse réglée doit y être raccordé.

- Tronçons de tuyauterie vers les compresseurs :
 - sortant vers le haut, biseauté à 30°
 - ouvertures d'aspiration parallèles à l'axe du collecteur
 - le tracé de la tuyauterie vers les compresseurs est symétrique et d'un diamètre identique

AVIS

Éviter l'aspiration de salissures !

Les tubes plongeurs doivent avoir la même distance du fond du collecteur, par ex. à l'aide d'une entretoise (acier plat) qui est enlevée après la soudure des tubes. Tous les travaux de brasage ou de soudage doivent être effectués en utilisant un gaz de protection, enlever soigneusement les copeaux ou d'autres dépôts.

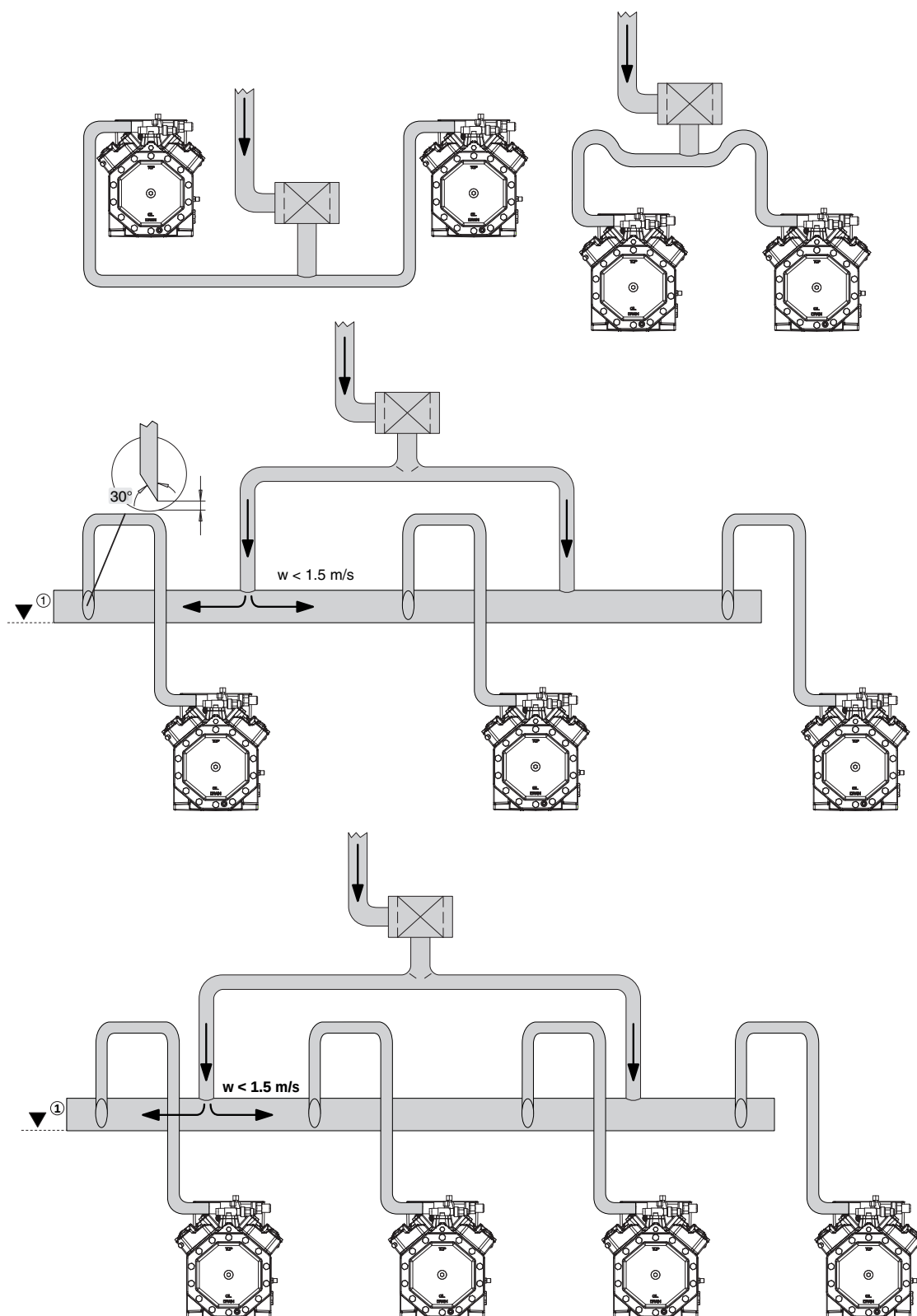


Fig. 8: Installation de compresseurs à piston en parallèle : version avec un collecteur d'aspiration optimisé

① : Le collecteur d'aspiration peut également être positionné **au-dessous** du niveau des compresseurs

- Dimension du tube du collecteur pour 2 compresseurs :
 - entrée centrale avec un diamètre en fonction de la puissance totale
 - tronçons de tuyauterie vers les compresseurs correspondants au raccord à braser des vannes d'arrêt du gaz d'aspiration
- Dimension du tube du collecteur pour 3 et 4 compresseurs :
 - dans le cas d'une circulation transversale dans le collecteur, la vitesse du gaz d'aspiration est $< 1,5 \text{ m/s}$
- Monter le collecteur dans une position horizontale exacte

Version de construction de collecteurs de refoulement

- Raccordement transversal avec une sortie d'un côté, éviter les coudes à 90° et utiliser par exemple des coudes à 45° (*voir figure 9, page 67*)
- Positionnement au-dessous du niveau des vannes d'arrêt du gaz de refoulement
- La section des tuyaux (même diamètre partout) est idéalement aussi grande que la section totale des tuyaux individuels. Alternative : Dimensionnement basé sur la vitesse d'écoulement maximale - pour les réfrigérants haute pression tels que R744, une vitesse d'écoulement maximale de 10 m/s ne doit pas être dépassée.
- Les conduites de liaison descendent de la vanne d'arrêt au collecteur pour éviter l'accumulation d'huile et/ou de condensat de fluide frigorigène sur le côté haute pression de compresseurs mis à l'arrêt. Diamètre conforme aux critères de conception courants.

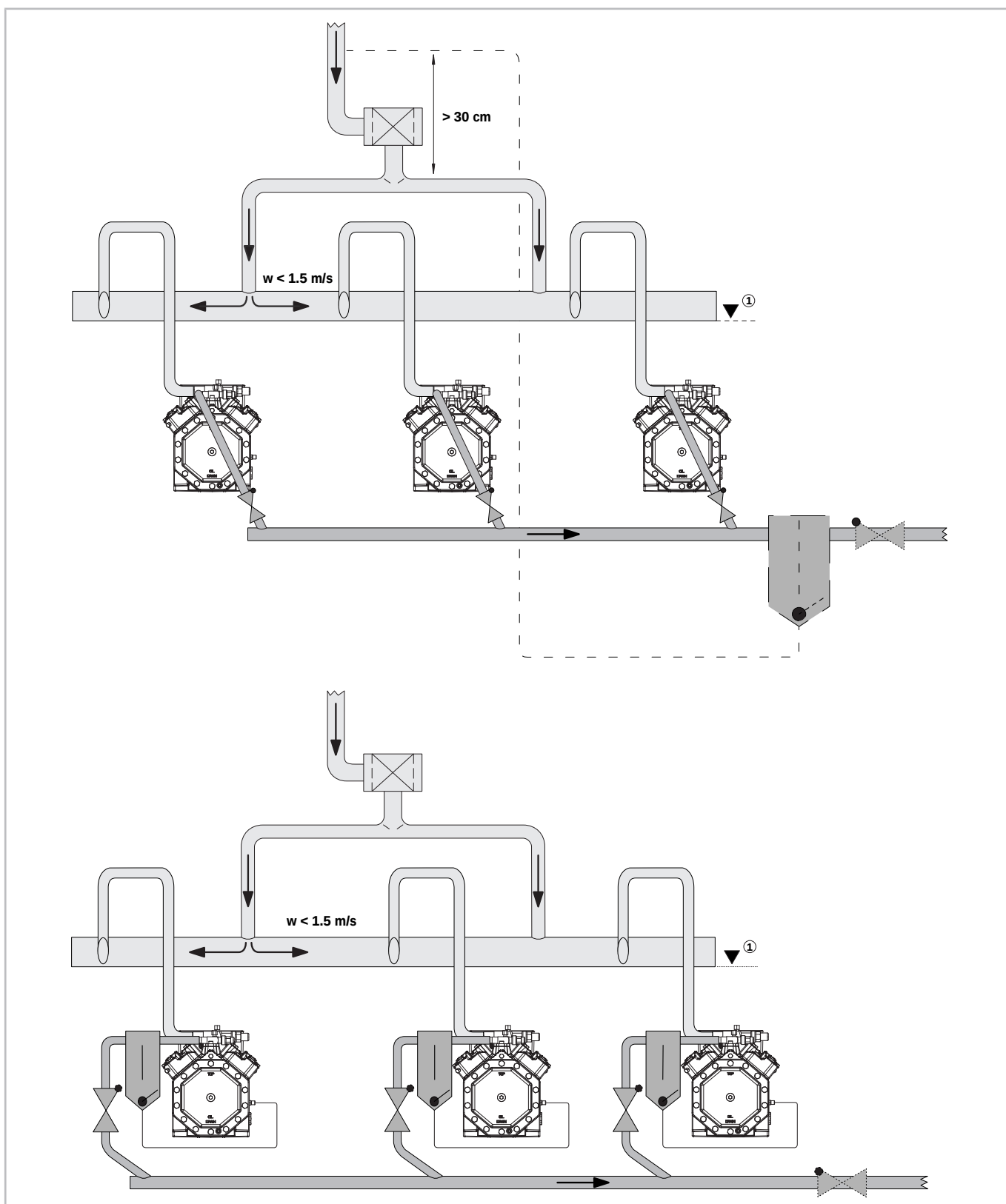


Fig. 9: Installation de compresseurs à piston en parallèle : conception du collecteur de refoulement

① : Le collecteur d'aspiration peut également être positionné **au-dessous** du niveau des compresseurs

Clapets de non-retour

Il est nécessaire d'installer des clapets de non-retour dans les tronçons de conduite vers le collecteur dans les conditions suivantes (*voir figure 9, page 67*) :

- si chaque compresseur est équipé d'un propre séparateur d'huile – pour éviter un retour de condensation de fluide frigorigène dans le séparateur quand le compresseur est mis à l'arrêt. Les clapets sont positionnés en aval de chaque séparateur d'huile.
- si la température des têtes de culasse des compresseurs peut descendre en dessous de la température de condensation à l'arrêt (*Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*).
- clapet de non-retour avec un séparateur d'huile commun (position d'installation : en direction du compresseur) :
 - en cas de risque de retour de condensation provenant du condenseur ou réservoir de liquide et
 - en cas d'installations avec des périodes d'arrêt prolongées

Les clapets de non-retour doivent être appropriés pour l'utilisation dans les conduites du gaz de refoulement – planification et dimensionnement selon les spécifications du constructeur. Alternativement à l'installation d'un clapet de non-retour, il est également possible de chauffer le séparateur d'huile pendant l'arrêt.

La conception de clapets anti-retour pour les installations R744 avec fonctionnement CF est très difficile et n'est pas recommandée, si nécessaire consultez BITZER.

Séparateur d'huile et retour d'huile

Si la vitesse d'écoulement est suffisante, des séparateurs d'huile ne sont pas absolument nécessaires pour une installation avec compresseurs en parallèle. Ils sont tout de même recommandés pour les installations avec de fortes variations de charge et pour les applications de réfrigération à basses températures où la circulation d'huile dans l'installation peut varier fortement. En fonction des exigences, un séparateur individuel (par compresseur) ou un séparateur commun peut être utilisé.

Pour la conception des séparateurs, il faut tenir compte de l'entière plage de puissance, y compris également les temps de fonctionnement à des températures d'évaporation élevées (phases de congélation). Une attention particulière doit être portée à la conception des installations avec un séparateur commun.

- Retour d'huile d'un séparateur d'huile **central** : directement dans la conduite du gaz d'aspiration provenant de l'installation – au moins 300 mm en amont du collecteur ou de la « culotte »
- Retour d'huile des **séparateurs individuels** : directement dans le raccord de retour d'huile sur le carter ou dans la conduite du gaz d'aspiration du compresseur respectif

5.3 Installation avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile

Les régulateurs de niveau d'huile (avec séparateur d'huile et réservoir d'huile) sont conçus pour une utilisation universelle. Ils sont préférables dans les applications suivantes :

- installation de > 3 compresseurs en parallèle
- compresseurs de différentes puissances et/ou avec une régulation de puissance (également compresseurs réglés de vitesse)
- installation en parallèle de compresseurs fonctionnant à différentes pressions d'aspiration
- installations qui sont susceptibles de déplacer de grandes quantités d'huile sur le côté basse pression (par ex. faible vitesse d'écoulement en charge partielle ; la limite critique dépend des conditions de fonctionnement et du fluide frigorigène)
- installations ramifiées avec de longues conduites et de grandes quantités de fluide frigorigène
- compresseurs de différentes puissances et/ou avec différents systèmes de lubrification (lubrification centrifuge/ lubrification par pompe)
- compresseurs à R744 (applications sous-critiques et transcritiques, installations avec des compresseurs en parallèle)

Le niveau d'huile dans le compresseur est contrôlé en permanence et de l'huile est ajoutée si nécessaire. Il existe différents modèles :

- régulateurs de niveau d'huile mécaniques avec un système combiné de flotteurs et de vannes
- régulateurs de niveau d'huile électroniques avec une technologie de flotteurs ou de capteurs (p. ex.: Régulateur de niveau d'huile OLM-IQ). L'alimentation en huile est commandée de manière indirecte à l'aide d'une vanne magnétique intégrée ou externe. Cette variante permet un contrôle simultané du niveau minimal de l'huile et est, pour cette raison, préférable à l'autre.

Le régulateur de niveau d'huile avec les adaptateurs nécessaires est connecté directement au raccord du voyant. Pour cela, le voyant doit être enlevé (Installation avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile).

Exigences et indications générales

Les installations avec des régulateurs de niveau d'huile nécessitent un séparateur d'huile qui fournit l'huile à répartir. Normalement, un séparateur d'huile commun est utilisé (Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration).

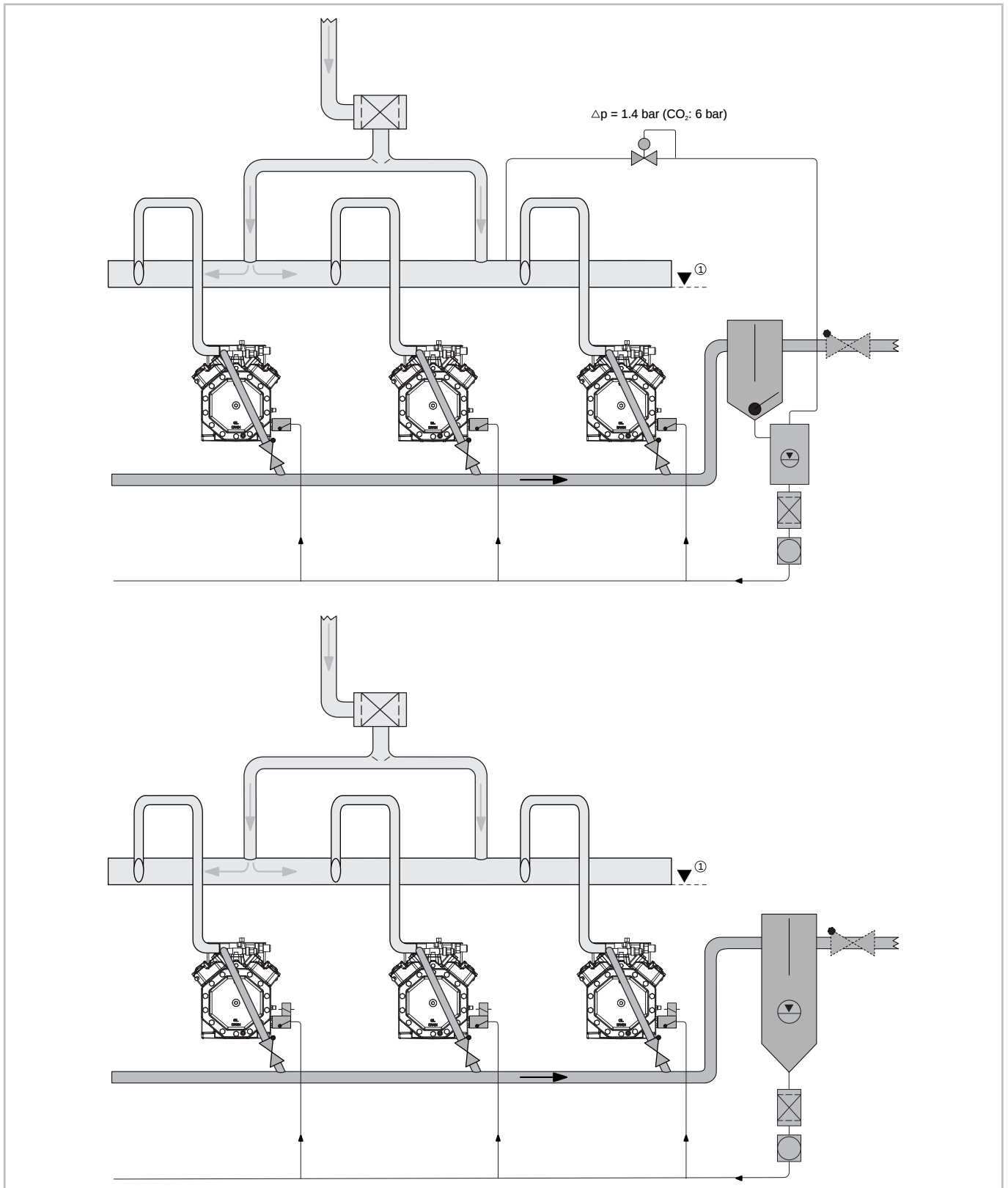


Fig. 10: Installation de compresseurs à piston en parallèle : version avec régulateurs de niveau d'huile

① : Le collecteur d'aspiration peut également être positionné **au-dessous** du niveau des compresseurs

L'huile transportée aux compresseurs (contrôleurs) provient d'un réservoir d'huile. Le réservoir doit avoir un volume minimal pour compenser les variations du niveau d'huile (conception selon les spécifications du constructeur). Deux variantes sont disponibles :

Réservoir à basse pression comme réservoir séparé (*voir figure 10, page 70, partie supérieure*)

- L'huile provenant du séparateur est introduite dans le réservoir sous haute pression. Dans le réservoir, la pression est réduite de manière contrôlée au moyen d'une conduite de dégazage vers le collecteur d'aspiration. Une vanne de pression différentielle (1,4 bar) dans la conduite de liaison assure une surpression suffisante en amont du régulateur de niveau d'huile si des « fluides frigorigènes standard » sont utilisés.
- En cas de compresseurs bi-étagés, les carters sont sous pression moyenne. Pour cette raison, le gaz extrait doit être acheminé vers une conduite de liaison transversale entre les raccords du couvercle du carter du moteur (cf. croquis cotés dans les instructions de service *KB-150* ou BITZER SOFTWARE) – niveau de la conduite de liaison au-dessous des positions de raccordement.

AVIS

Il se peut que les régulateurs de niveau d'huile mécaniques ne conviennent que pour les différences de pression relativement faibles !
Sélectionner une version pour une pression de travail d'au moins 6,5 bar.

- Les installations pour le **fonctionnement transcritique avec R744** nécessitent des séparateurs d'huile avec cartouches filtrantes à coalescence. Les séparateurs d'huile ne doivent pas être munis d'une vanne à flotteur. En cas de besoin, le contrôle du niveau (électronique/optique) dans le séparateur d'huile ouvre une vanne magnétique dans la conduite vers le réservoir d'huile. Le volume du réservoir d'huile doit être au moins deux fois plus grand que le volume d'huile totale dans les compresseurs. Afin de permettre le retour de l'huile vers les compresseurs, la pression dans le réservoir doit être supérieure à la pression d'aspiration la plus élevée dans l'installation. Par conséquent, le gaz extrait est acheminé dans la conduite du gaz d'aspiration correspondante. Dans les installations avec des compresseurs en parallèle, le dégazage s'effectue toujours au niveau de la pression moyenne et non, par exemple, au niveau de la pression d'aspiration des compresseurs à réfrigération à moyenne température. Il est préférable d'utiliser des vannes de pression différentielle dans la conduite de dégazage. La différence de pression requise dépend des conditions limites. En règle générale, des différences de pression entre 2,5 et 4,5 bar sont nécessaires.
Dans les installations dites booster, les compresseurs à basse pression sont également alimentés en huile à partir du réservoir commun, ce qui signifie que la surpression en amont du régulateur de niveau d'huile peut être nettement supérieure aux valeurs autorisées pour les régulateurs mécaniques. Pour cette raison, il est généralement recommandé de n'utiliser que des régulateurs de niveau d'huile électroniques équipés d'une vanne magnétique intégrée et appropriés pour les hautes pressions différentielles des installations au R744.
Pour régler la gestion d'huile, les points suivants doivent être respectés et coordonnés entre eux :
 - Section des buses des régulateurs de niveau d'huile utilisés dans l'étage du compresseur correspondant
 - Temps d'ouverture du régulateur de niveau d'huile utilisé pendant le remplissage.
 - Volume d'huile tenu à disposition dans le réservoir
 - Différence de pression nominale max. dans le réservoir
 - Longueur et section des conduites d'huile du réservoir aux régulateurs de niveau d'huile

Réservoir à haute pression comme réserve d'huile supplémentaire dans la partie inférieure du séparateur d'huile (*voir figure 10, page 70, partie inférieure*)

- Le séparateur d'huile ne dispose pas de vanne à flotteur dans ce cas ; la conduite d'huile va directement aux régulateurs de niveau d'huile.
- Seuls les régulateurs de niveau d'huile électroniques avec une vanne magnétique intégrée sont appropriés pour ce type d'installation. Ils doivent être conçus pour un fonctionnement à pleine différence de pression. Les buses utilisées pour limiter l'écoulement d'huile sont adaptées en fonction de la différence de pression selon les spécifications du constructeur. Ceci est particulièrement important car une grande quantité de réfrigérant se dissout dans l'huile en raison de la pression élevée en amont. Si la pression est ensuite réduite au niveau du carter, le réfrigérant redevient gazeux. Si la quantité alimentée est en permanence trop élevée, une grande quantité de mousse se forme, ce qui entraîne des coups de liquide et une augmentation de l'éjection d'huile ainsi qu'une régulation insuffisante du niveau d'huile et un manque d'huile.

Conception de régulateurs de niveau d'huile et d'accessoires

Le volume du réservoir doit être assez grand pour compenser des quantités d'huile variables en circulation dans l'installation (par ex. dues à un retour d'huile élevé depuis les évaporateurs après le dégivrage). Le régulateur de niveau d'huile, le réservoir d'huile, la vanne de pression différentielle, le filtre à l'huile (dans la conduite d'amenée aux régulateurs), le séparateur d'huile et les clapets de non-retour doivent être conçus conformément aux spécifications du constructeur. Pour les clapets de non-retour et les séparateurs d'huile, les indications ci-dessus sont également valables (*Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*, *Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*).

La plupart des compresseurs à piston BITZER sont équipés d'un voyant à vis avec raccord 1 1/8-18 UNEF, pour plus de détails, voir l'Instruction de service respective du compresseur. Des adaptateurs pour l'installation des régulateurs de niveau d'huile sont disponibles auprès du constructeur respectif.

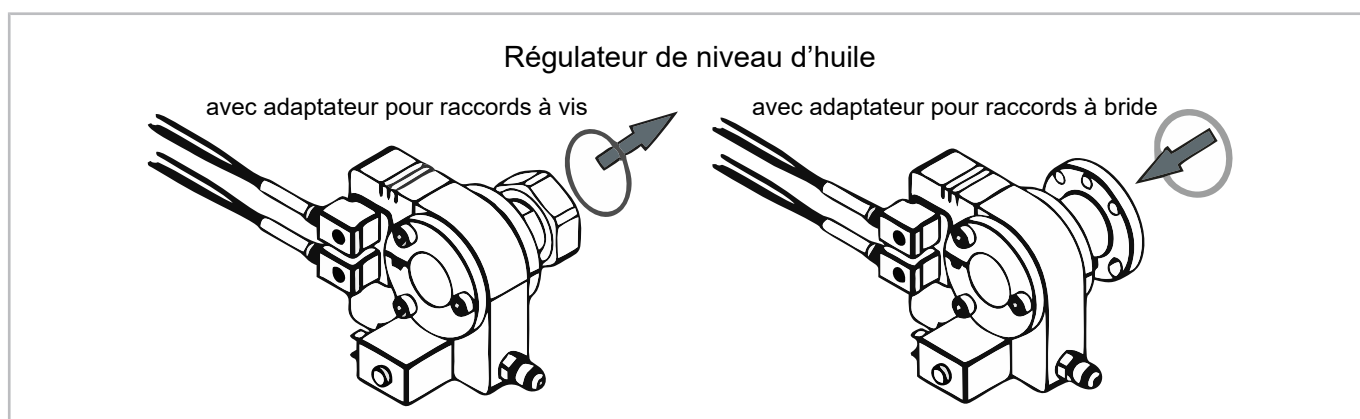


Fig. 11: Exemples de régulateurs de niveau d'huile pour raccords à vis et à bride (source : Armaturenwerk Altenburg, AWA)

Collecteurs d'aspiration et de refoulement en cas d'utilisation de régulateurs de niveau d'huile

Les collecteurs et tubes peuvent être conçus conformément aux variantes représentées ci-dessus (*Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*, *Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*). Les exigences concernant la symétrie et la vitesse du gaz du collecteur d'aspiration sont généralement moins rigoureuses : une entrée de gaz d'aspiration latérale est possible et plusieurs groupes de conduites d'aspiration peuvent fonctionner en parallèle (entre autres à différentes pressions d'aspiration). Une installation avec un réservoir à haute pression est recommandée pour ce cas, si des « fluides frigorigènes standard » sont utilisés, pour assurer une pression d'huile suffisante au niveau des régulateurs dans toutes les conditions de fonctionnement. Les tronçons de tuyauterie vers les compresseurs doivent cependant correspondre à la version recommandée.

AVIS

! Risque de coups de liquide !

Respecter le tracé de la tuyauterie recommandé pour les installations avec compresseurs en parallèle et régulateurs de niveau d'huile !

Réaliser l'installation de telle manière à éviter que de l'huile ou du condensat de fluide frigorigène puisse refluer (depuis le collecteur) dans le compresseur.

Les collecteurs de refoulement et les clapets de non-retour doivent satisfaire aux critères mentionnés ci-dessus (*Installation avec compresseurs en parallèle et collecteur d'aspiration*).

5.3.1 Régulateur de niveau d'huile OLM-IQ

Avec l'OLM-IQ, BITZER propose son propre régulateur de niveau d'huile électronique. Il est monté sur le raccord du voyant à l'aide d'un adaptateur. L'unité actionneur-capteur OLM-IQ est disponible comme accessoire pour le module de compresseur CM-RC (monté en usine ou pour un montage ultérieur) et permet de maintenir un niveau d'huile stable grâce à la mesure continue du niveau d'huile, au dosage du retour d'huile et à l'adaptation à la pression d'alimentation en huile. La logique y compris la communication avec le régulateur de l'installation de niveau supérieur et l'enregistrement des données est entièrement intégrée dans le CM-RC (CM-RC-01 ou CM-RC-02 avec cartes d'extension CM-IO-A ou CM-IO-B).

L'OLM-IQ est disponible pour les compresseurs ECOLINE et ECOLINE Tandem avec des fluides frigorigènes standard ou R744 :

- OLM-IQ1 : version pour des compresseurs standard
- OLM-IQ2 : version pour les applications R744 avec différence de pression d'huile jusqu'à 100 bar
- OLM-IQ3 : version pour les applications R744 avec différence de pression d'huile jusqu'à 40 bar

Pour plus de détails, voir les Informations techniques du CM-RC :

- [KT-230](#) : Information technique Module de compresseur CM-RC-01 pour compresseurs à piston
- [KT-240](#) : Information technique Module de compresseur CM-RC-02 pour compresseurs à piston
- [KT-241](#) : Information technique Carte d'extension CM-IO-A pour CM-RC-02
- [KT-242](#) : Information technique Carte d'extension CM-IO-B pour CM-RC-02



Fig. 12: Exemple d'équipement d'un compresseur à 8 cylindres avec module de compresseur CM-RC-02, sonde de température du gaz de refoulement, transmetteurs de pression, réchauffeur d'huile, régulation de la puissance CRII, pressostat différentiel d'huile et régulateur de niveau d'huile OLM-IQ.

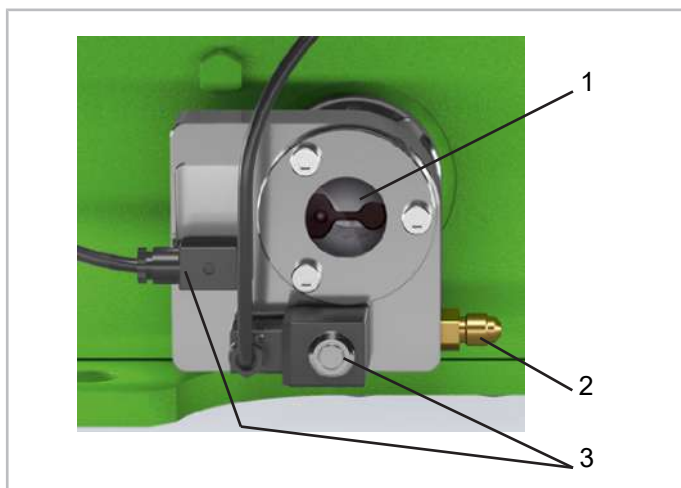


Fig. 13: Unité actionneur-capteur de l'OLM-IQ

1 : Sonde de niveau d'huile dans le voyant

2 : Raccord d'huile 7/16-20 UNF

3 : Câble de données et alimentation en tension dans un boîtier IP65



Fig. 14: Régulateur de niveau d'huile OLM-IQ2 (numéro de pièce 347 334 13) au compresseur (exemple)

6 Autres composants de l'installation frigorifique

Filtre de nettoyage à l'aspiration

Dans des tuyauteries ramifiées avec un grand nombre de jonctions brasées ou soudées, il n'est souvent pas possible d'éviter complètement la formation de calamine et d'autres impuretés. Pour cette raison, il est vivement recommandé d'installer un filtre de nettoyage à l'aspiration avec des cartouches monobloc remplaçables. Les éléments filtrants ne restent dans l'installation que temporairement pour recueillir les impuretés détachées. Il est également possible d'utiliser des filtres d'absorption d'acide si nécessaire (par ex. en cas de dégât du moteur).

Position d'installation : **en amont** du collecteur d'aspiration.

Séparateurs de liquide à l'aspiration

Si un séparateur de liquide à l'aspiration est nécessaire, il doit être sélectionné conformément à la puissance maximale ou minimale indiquée par le constructeur. Surtout en cas de réfrigération à basses températures, les plages de puissance sont très limitées au vu de la perte de pression et du retour d'huile. Le cas échéant, il est recomman-

dé d'installer plusieurs séparateurs répartis sur les différents tronçons. Pour les applications en série, il convient de transformer le collecteur d'aspiration en séparateur de liquide à l'aspiration. Dans la plupart des cas, l'installation d'un séparateur spéciale peut être évitée grâce à la conception et la commande de l'installation. Cela n'est pas le cas pour les installations avec une inversion du cycle ou s'il y a un risque de retour de condensation de liquide frigorigène ou d'huile de façon intermittente. À ce sujet, il faut surtout veiller à ce que le tracé de la tuyauterie permette un retour d'huile continu et à un certain délai lors du dégivrage de différents évaporateurs.

Condenseur, désurchauffeur, réservoir de liquide

Afin d'assurer une répartition uniforme et une utilisation optimale du condenseur, il est recommandé d'utiliser un seul échangeur de chaleur commun. Si plusieurs réservoirs de liquide, désurchauffeurs et condenseurs refroidis par eau sont installés en parallèle, un raccord de tube doit être prévu entre le liquide et le gaz.

En raison de la grande plage de puissance ainsi que de la température ambiante variant en fonction de la saison, une régulation de pression du condenseur est nécessaire. Cette régulation évite des variations extrêmes de la température de condensation et réduit son influence sur la température d'évaporation. Quant à la régulation de pression, il faut également tenir compte des points suivants :

- limitation de la température de condensation minimale possible en fonction des limites d'application des compresseurs
- la régulation « intelligente » de la température de condensation (en fonction de la charge et de la température de l'air frais) par une quantité d'air variable des ventilateurs de condenseur. Pour un coefficient de performance optimal (COP), l'algorithme de régulation doit assurer un équilibre optimal entre la puissance absorbée par les compresseurs et par les ventilateurs dans toutes les conditions.

Si un désurchauffeur est utilisé pour la récupération de la chaleur, il faut tenir compte non seulement de la puissance mais aussi des raccords pour le fluide frigorigène ; le diamètre du passage doit être adapté à la puissance totale. Le désurchauffeur ne doit être installé qu'entre le séparateur d'huile et le condenseur. S'il est utilisé en alternance comme désurchauffeur et condenseur, des mesures supplémentaires sont éventuellement nécessaires pour éviter des coups de liquide côté refoulement et un déplacement de fluide frigorigène.

Évaporateur

En fonction du type de la centrale frigorifique, des évaporateurs individuels ou un plus grand nombre d'évaporateurs sont utilisés. En raison de la grande plage de puissance, les évaporateurs individuels nécessitent éventuellement une répartition en plusieurs circuits frigorifiques qui peuvent être commandés par une vanne magnétique et disposent chacun d'un détendeur sépare. Pour protéger l'installation contre de fortes poussées de liquide lors du démarrage, la conduite du gaz d'aspiration doit être rehaussée directement en aval de l'évaporateur (col de cygne).

Si une commande par pump down est installée, cette mesure n'est pas nécessaire.

7 Dispositifs de sécurité et commande de l'installation

Dispositifs de sécurité

Chaque compresseur doit être équipé d'un pressostat pression (ou plusieurs) pour le protéger contre un dépassement de la haute pression autorisée ainsi que d'un dispositif de protection du compresseur et d'un dispositif de contrôle de niveau d'huile ou de pression d'huile. Surtout en cas de fonctionnement à la limite d'application thermique, il est également recommandé d'utiliser une sonde de température du gaz de refoulement (accessoire). Pour éviter un enrichissement de fluide frigorigène trop élevé dans l'huile à l'arrêt, un réchauffeur d'huile (accessoire) est nécessaire pour les applications conventionnelles. Une commande thermodépendante du réchauffeur d'huile permet de réduire nettement la consommation d'énergie.

Le module de compresseur BITZER CM-RC (CM-RC-01 ou CM-RC-02 avec cartes d'extension CM-IO-A ou CM-IO-B) offre une protection fiable du compresseur et permet d'intégrer un grand nombre de fonctions. Cela facilite l'installation électrique. Protection et utilisation des fonctions intégrées :

- asservissement du ventilateur additionnel, de l'injection de fluide frigorigène, du réchauffeur d'huile, du démarrage à vide, des temps de commutation des contacteurs du compresseur lors du démarrage
- asservissement de la régulation de puissance pour adapter la puissance frigorifique et thermique à la demande réelle (via Modbus ou signal de la valeur de consigne). Cela assure une disponibilité et efficacité maximales des compresseurs
- contrôle actif des paramètres de fonctionnement (limites d'application)
- communication via BEST SOFTWARE : message en retour concernant le fonctionnement du compresseur
- communication avec le régulateur de l'installation
- commande du OLM-IQ (*Régulateur de niveau d'huile OLM-IQ*)

Informations détaillées, instructions relatives au montage et au raccordement électrique du CM-RC :

- [KT-230](#) : Information technique Module de compresseur CM-RC-01 pour compresseurs à piston
- [KT-240](#) : Information technique Module de compresseur CM-RC-02 pour compresseurs à piston
- [KT-241](#) : Information technique Carte d'extension CM-IO-A pour CM-RC-02
- [KT-242](#) : Information technique Carte d'extension CM-IO-B pour CM-RC-02

Pour protéger l'ensemble de l'installation contre un dépassement de la pression, les dispositions relatives à la conception dans les règles de sécurité et normes applicables (par ex. EN378 ISO5149) doivent être respectées. Pour contrôler la pression d'aspiration minimale autorisée, un limiteur de basse pression commun est normalement suffisant. Celui-ci doit être réglé sur un niveau de pression inférieur à celui du régulateur de pression d'aspiration. Il sert à protéger la commande de l'installation en cas de défaillance ou de défaut.

Informations relatives aux dispositifs de protection du compresseur :

- CT-120 : Dispositifs de protection pour compresseurs BITZER

Informations relatives au contrôle d'huile :

- AT-170 : Contrôle de l'huile pour les produits BITZER – Vue d'ensemble

Commande de l'installation

La centrale frigorifique est commandée en fonction de la pression d'aspiration ou d'une température de processus prédéfinie. Les installations avec plusieurs évaporateurs disposent normalement d'une régulation de pression d'aspiration adaptée à la demande. Les constructeurs de régulateurs offrent une large gamme de produits pour cette application. L'algorithme de régulation doit assurer au moins les actions suivantes :

- mise en circuit et hors circuit de compresseurs individuels en fonction de la demande et régulation de la puissance (régulation mécanique précise ou régulation de vitesse) en fonction d'une pression d'aspiration prédéfinie avec une marge de fluctuation étroite. Il faut tenir compte des critères de conception décrits ci-dessus (*Sélection du compresseur et des accessoires*).
- assurance de la fréquence de commutation maximale et de la durée de marche minimale des compresseurs. Cela est possible, par exemple, en limitant la durée entre deux démarrages et en configurant une durée de marche minimale assurée par l'algorithme de régulation qui ne peut être dépassée vers le bas qu'en cas d'arrêt de sécurité.
- changement automatique du compresseur de base pour une répartition uniforme des heures de fonctionnement des compresseurs. Cela garantit une charge équilibrée et une usure minimale.
- assurer que, dans le cas d'une mise hors circuit contrôlée du compresseur de base (par la pression d'aspiration min.), les vannes magnétiques dans la conduite de liquide ou les détendeurs électroniques ne peuvent être commandés qu'après un retard de temps du compresseur de base. Il en vaut de même quand tous les compresseurs sont mis à l'arrêt par un dispositif de sécurité (par ex. un pressostat haute pression). Ainsi, l'évaporateur ne peut pas être noyé par le liquide.
- adaptation de la pression d'aspiration à la demande, par ex. augmentation automatique en cas de charge réduite
- régulation intelligente de la température de condensation (*Autres composants de l'installation frigorifique*)

Informations relatives aux compresseurs à piston avec des convertisseurs de fréquences:

- KT-420 : Convertisseurs de fréquences externes avec des compresseurs à piston BITZER

8 Mise en place du compresseur



ATTENTION

Le compresseur est rempli de gaz de protection : Surpression 0,2 .. 0,5 bar de l'azote.
Risque de blessure au niveau de la peau et des yeux.



Évacuer la pression du compresseur !
Porter des lunettes de protection !

Un montage fixe sur un châssis commun est convenable. Il faut cependant noter que, pour les variantes avec une égalisation d'huile et de gaz ou un collecteur d'aspiration optimisé, les compresseurs doivent être situés exactement au même niveau. L'avantage de ce type de montage consiste dans le fait que le tracé entier de la tuyauterie entre les compresseurs peut également être fixe. Il faut cependant veiller à ce que le tracé de la tuyauterie et la longueur des tronçons de tuyauterie entre le compresseur et le collecteur d'aspiration et de refoulement soient adaptés de sorte qu'ils possèdent une certaine flexibilité.

En fonction des exigences concernant l'émission sonore et/ou le son de structure, le châssis peut être monté sur des éléments vibrants.



Information

Tenir compte des couples de serrage pour assemblages vissés indiqués dans les instructions de maintenance AW-100 !

9 Mise en service

Avant la mise en service, les dispositifs de sécurité et la commande système doivent être réglés avec soin et leur fonctionnement doit être vérifié (Dispositifs de sécurité et commande de l'installation).

Pour éviter une connexion oscillante lors de la mise en service, le réservoir est rempli avec une réserve de base de fluide frigorigène. Ensuite, mettre les compresseurs en circuit l'un après l'autre (comme il est décrit dans les instructions de service respectives !) et contrôler immédiatement l'alimentation en huile (à l'aide du voyant du compresseur ou régulateur de niveau d'huile). Le niveau d'huile doit être contrôlé dans tous les états de charge et toutes les conditions de fonctionnement pendant une période prolongée. Le cas échéant, ajouter de l'huile (niveau de la réserve d'huile : 1/4 .. 3/4 du voyant) et de fluide frigorigène. Contrôler la température et le retour d'huile du séparateur d'huile (installer un voyant pour effectuer un contrôle visuel). Le retour d'huile doit être intermittent, un flux abondant continu d'un mélange de gaz chaud/huile est l'indice d'un défaut. Les causes suivantes sont possibles et doivent être éliminées :

- suralimentation de l'installation en huile
- séparateur trop petit
- vanne à flotteur défectueuse ou encrassée



AVIS

Pour la mise en service et la maintenance, voir également les instructions de service respectives (Introduction)!

Índice

1	Introducción.....	80
2	Seguridad.....	80
3	Diseño del compresor y accesorios.....	83
3.1	Selección con el BITZER SOFTWARE.....	86
4	Evitar daños debidos a longitudes del tubo críticas	89
5	Gestión de aceite.....	90
5.1	Equilibrado de aceite y de gas entre los cárteres de cigüeñal.....	90
5.2	Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado.....	91
5.3	Batería de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite	96
5.3.1	Regulador de nivel de aceite OLM-IQ.....	102
6	Más componentes de la instalación frigorífica	103
7	Dispositivos de seguridad y control de la instalación	104
8	Instalación del compresor.....	106
9	Puesta en servicio.....	106

1 Introducción

En una batería de compresores en paralelo se combinan varios compresores en un circuito de refrigeración común. Las instalaciones frecuentemente son complejas y hay varios requisitos especiales, en particular, con respecto a la recirculación de aceite, la distribución de aceite entre compresores y el control de la instalación. Por eso este documento quiere proporcionar información importante acerca de la planificación y el diseño. Adicionalmente hay que tener en cuenta los criterios específicos de la instalación así como requerimientos especiales de los fabricantes de componentes adicionales (p. ej. separador de aceite, regulador de nivel de aceite); eventualmente hay que adaptar el diseño y los accesorios.

Por lo demás hay que observar las reglas reconocidas de la técnica y las normas de seguridad en vigor.

Refrigerante

Este documento trata las baterías con refrigerantes de HFC y HFO así como R744. Para baterías con R717 (NH₃), véase la información técnica [AT-640](#).

Tener en cuenta esta documentación técnica adicional

- [KB-100](#): Instrucciones de operación para compresores a pistón semiherméticos
- [KB-120](#): Instrucciones de operación para compresores a pistón semiherméticos en aplicaciones R744 subcríticas
- [KB-130](#): Instrucciones de operación para compresores a pistón semiherméticos en aplicaciones R744 transcríticas
- [KB-150](#): Instrucciones de operación para compresores a pistón – suplemento: «de 2 etapas»
- [KB-520](#): Instrucciones de operación para compresores a pistón abiertos 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- [CB-110](#) y [CB-111](#): Instrucciones de operación VARIPACK – variadores de frecuencia externos de BITZER
- [AT-640](#): Información técnica para el empleo de R717 en compresores de BITZER
- [AT-744](#): Guía de aplicación para el uso del R744

Ventajas de una batería de compresores en paralelo

Los argumentos a favor o en contra de una batería de compresores en paralelo son demasiado variados para una evaluación general – pero hay varias características ventajosas:

- Potencia óptimamente adaptada a la necesidad, en particular si hay una regulación de potencia adicional de los compresores (sistema CRII o variador de frecuencia)
- Carga de red baja en el arranque porque los compresores se ponen en marcha gradualmente
- Si un compresor o variador de frecuencia falla, una continuación del funcionamiento de la instalación es posible
- La instalación de tubería es más simple y económica en instalaciones amplias en comparación con otras con circuitos de refrigeración separados

2 Seguridad

Personal especializado autorizado

Todos los trabajos en los productos y en las instalaciones en las que estos están instalados o se instalarán sólo pueden ser realizados por personal especializado que haya sido formado e instruido en todos los trabajos. Para la cualificación y competencia del personal especializado se aplican las normas y directivas nacionales.

Riesgos residuales

Los productos, accesorios electrónicos y demás componentes pueden causar riesgos residuales inevitables. ¡Todas las personas que trabajan en un aparato deben leer las instrucciones de operación pertinentes! La observación de las siguientes normas es obligatoria:

- las disposiciones y normas de seguridad pertinentes,
- las reglas de seguridad generalmente reconocidas,
- las directivas de la UE,
- las disposiciones y normas de seguridad nacionales.

Dependiendo del país, se aplican distintas normas a la hora de instalar el producto, por ejemplo: EN378, EN60204, EN60335, EN ISO14120, ISO5149, IEC60204, IEC60335, ASHRAE 15, NEC, normas UL.

Equipo de protección individual

Siempre cuando se efectúan trabajos en instalaciones y sus componentes: Llevar zapatos de seguridad, ropa protectora y gafas protectoras. Adicionalmente llevar guantes con aislamiento térmico cuando se trabaja en el circuito de refrigeración abierto y en componentes que contengan refrigerante.



Fig. 1: ¡Llevar equipo de protección individual!

Indicaciones de seguridad

Las indicaciones de seguridad son instrucciones para evitar riesgos. ¡Es imprescindible observar las indicaciones de seguridad estrictamente!



AVISO

Indicación de seguridad para evitar una situación que podría provocar daños en un dispositivo o en su equipo.



ATENCIÓN

Indicación de seguridad para evitar una situación potencialmente peligrosa que podría provocar una lesión leve o moderada.



ADVERTENCIA

Indicación de seguridad para evitar una situación potencialmente peligrosa que podría provocar la muerte o una lesión grave.



PELIGRO

Indicación de seguridad para evitar un peligro inminente que podría provocar la muerte o una lesión grave.

¡Es imprescindible observar las notas y los peligros residuales en las instrucciones de operación junto con las indicaciones de seguridad mencionadas en este documento!

3 Diseño del compresor y accesorios

Diseño del compresor y clasificación de la potencia

Hay que considerar precisamente la potencia necesaria cuando se diseña la batería de compresores en paralelo:

- Consumo necesario a carga máxima (condiciones de diseño)
- Consumo necesario a carga mínima (funcionamiento durante la noche, funcionamiento fuera de las horas de apertura, p. ej. en supermercados, necesidad frigorífica reducida y temperatura de condensación baja con bajas temperaturas al exterior, etc.)
- Número de evaporadores operados simultáneamente

Dado que cada evaporador tiene un efecto distinto sobre la carga total, eventualmente hay que ponderar las cargas individuales en función de su contribución a la carga total durante un determinado tiempo de funcionamiento. Con una regulación inteligente, sin embargo, es posible distribuir las cargas de modo que la necesidad frigorífica no cambie drásticamente.

La mejor precisión de regulación se obtiene si la batería puede suministrar la necesidad frigorífica variando continuamente la potencia frigorífica entre mínimo y máximo. Un rango de regulación escaso y considerables cambios de carga y potencia causan una inestabilidad del sistema completo. Los compresores con velocidad de giro regulada o regulación mecánica de potencia de graduación fina (p. ej. CR11) son útiles para una regulación estable del proceso siempre que el rango de regulación de por lo menos un compresor pueda asegurar las interrupciones de la potencia causadas durante el arranque y la parada de otros compresores.

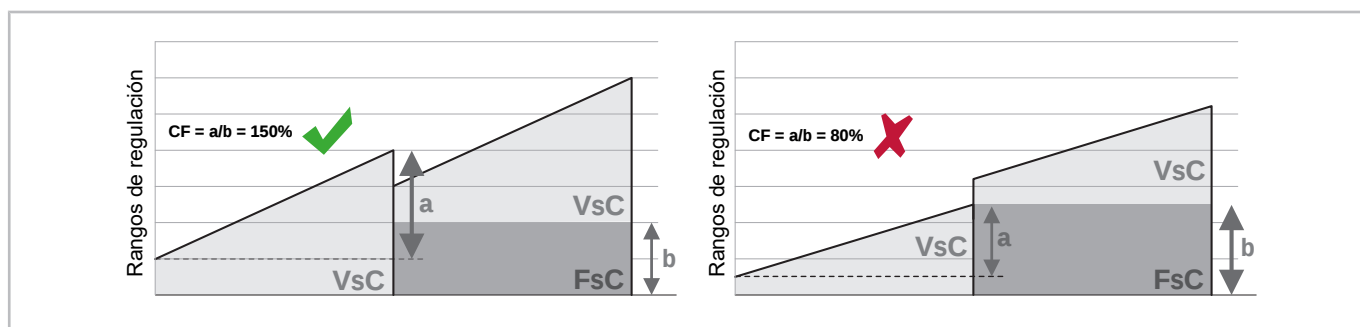


Fig. 2: Ejemplos para la precisión de regulación de una batería de 2 compresores en paralelo (fuente: ASERCOM)

VsC: Compresor con velocidad de giro variable

FsC: Compresor con velocidad de giro fija

CF: Precisión de regulación en %

Para obtener más información acerca de la selección óptima de compresores y su regulación de potencia, véase *"ASERCOM Guidelines for the design of multiple compressor racks using frequency inverters"* (guía para el diseño de baterías de compresores utilizando variadores de frecuencia) (capítulo 2).

Instalaciones frigoríficas de varias etapas

Una regulación de potencia es imprescindible para instalaciones frigoríficas modernas, en particular, para refrigerantes con altos volúmenes de aspiración y potencias frigoríficas volumétricas. Los objetivos son los siguientes:

- Cubrir también cargas mínimas bajas, preferiblemente sin conexión/desconexión
- Una alta precisión de regulación (CF) con mínimos cambios de potencia por etapa
- Reducción de costes, p. ej. por medio de una mayor potencia con un número inferior de compresores
- Poca diversidad de compresores utilizados
- Seguridad de funcionamiento

A veces los requerimientos opuestos producen etapas de carga con muchos ciclos de conexión/desconexión y condiciones de funcionamiento inestables (fluctuantes) causados por la baja precisión de regulación. Esto puede causar un rendimiento reducido, operación en mojado, circuito de regulación inestable, condiciones de funcionamiento desfavorables para los compresores, mala regulación de temperatura e inferior calidad del producto.

Adicionalmente al ejemplo arriba mencionado de una instalación frigorífica de una etapa puede ser útil calcular la precisión de regulación de una instalación frigorífica de varias etapas (refrigeración normal y a baja temperatura) según el método siguiente: Tiene en cuenta la tendencia del sector que cada vez se utilizan menos compresores en cada grupo de aspiración o etapa de temperatura, y debe combinar los requerimientos opuestos: Alta precisión de regulación, inclusión de medios de carga mínimos y evaluación de la instalación completa. Esto se alcanza evaluando la etapa de baja refrigeración (LT) y la carga mínima de la etapa de refrigeración normal (MT) por separado.

$$CF_{MT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (1)$$

$$CF_{MT\ min} = \frac{Q_{o\ MT\ max} - Q_{o\ MT\ min}}{Q_{o\ MT\ max}} \quad (2)$$

$$CF_{LT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (3)$$

$$CF_{System} = CF_{MT\ nom} + CF_{MT\ min} + CF_{LT\ nom} \quad (4)$$

Fig. 3: Cálculo de la precisión de regulación $CF_{sistema}$ total en una instalación frigorífica de varias etapas:

$Q_{VsC\ max}$: Potencia frigorífica del compresor con velocidad de giro regulada a máxima velocidad de giro

$Q_{VsC\ min}$: Potencia frigorífica del compresor con velocidad de giro regulada a mínima velocidad de giro

Q_{FsC} : Mínima potencia frigorífica del compresor con velocidad de giro fija (si fuera necesario, considerando la regulación de potencia)

nom: potencia nominal bajo condiciones de diseño

mín: carga mínima bajo condiciones de diseño

En el primer paso (fórmula 1 y 3) se calculan los factores de regulación para la etapa de refrigeración normal (MT) y la etapa de refrigeración a baja temperatura (LT) (véase la descripción en la [guía de ASERCOM](#)).

Adicionalmente, en la fórmula 2, se calcula la capacidad de cubrir la carga mínima de la etapa de refrigeración normal. Para ello se asumen condiciones estándar sin carga de refrigeración a baja temperatura (es decir, únicamente refrigeración normal; el compresor de la etapa de refrigeración a baja temperatura está - matemáticamente - desconectado).

En el último paso (fórmula 4) se calcula $CF_{sistema}$ como suma de las CF individuales.

La evaluación final distingue 5 categorías de precisión de regulación CF:

Precisión de regulación CF	Evaluación
$CF \geq 3$	excelente
$3 > CF \geq 2,5$	bien
$2,5 > CF \geq 1,95$	aceptable
$1,95 > CF \geq 1,55$	desfavorable
$CF < 1,55$	inaceptable

Este cálculo de la CF también se puede utilizar si ningún compresor tiene regulación de potencia. En este caso, el término correspondiente tiene valor cero, reduciendo considerablemente la precisión de regulación $CF_{sistema}$ total.

Compresores en tándem

El compresor en tándem es la versión más simple de una batería de compresores en paralelo. Gracias a la cámara de aspiración conjunta de gran volumen se garantiza normalmente una distribución homogénea del aceite. Para un óptimo suministro de aceite y una larga duración de vida, sin embargo, debería preverse generalmente un mando con cambio automático de la carga base que también garantiza una vida útil mínima adecuada de los dos compresores. Un funcionamiento de corto tiempo aumenta la expulsión de aceite y reduce la vida útil.

Una adaptación de potencia detallada es posible activando y desactivando los dos compresores en combinación con reguladores de potencia (parada del cilindro – CRII). Una alternativa es la regulación de la velocidad en un lado de compresor (solo). En este caso, también, se recomienda la conmutación de la carga base, en la que el variador de frecuencia debería asignarse alternadamente al compresor de carga base mediante conmutación eléctrica.

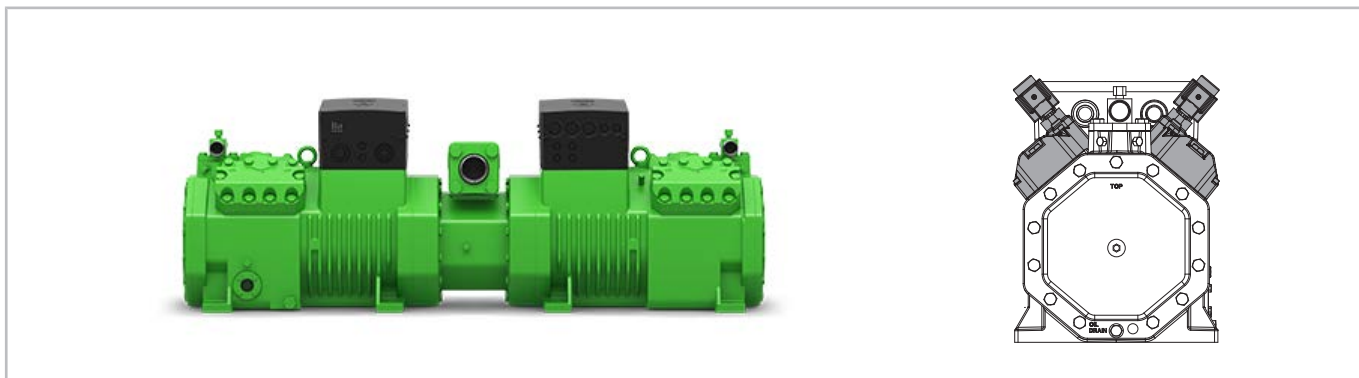


Fig. 4: Compresores en tándem de 4+4 cilindros ECOLINE. A la izquierda: vista lateral; a la derecha: vista de la tapa del cojinete, gris: regulación de potencia CRII

Refrigeración adicional

En baterías, los compresores y condensadores frecuentemente están instalados separados entre sí. Dependiendo de las condiciones puede ser necesaria una refrigeración adicional (véanse los límites de aplicación):

- de aire (ventilador adicional)
- y/o inyección de refrigerante regulada electrónicamente (RI)
- o agua (tapas de cilindros refrigerados por agua en compresores 4JE .. 4FE , 6JE .. 6FE).

Cuando se para un compresor también hay que desactivar su refrigeración adicional. Para el ventilador se hace mediante un acoplamiento simple de contactor de compresor y ventilador. Cuando se utiliza un módulo de compresor electrónico CM-RC, el ventilador adicional se controla en función de la temperatura del gas de descarga según sea necesario. Una válvula solenoide que cierra el flujo de agua cuando está parado el compresor debe estar conectada anterior a la tapa de cilindros refrigerada por agua. Una refrigeración adicional permanentemente activada aumenta el riesgo de una condensación de refrigerante en la tapa de cilindros y reduce el efecto de la resistencia de aceite. Puede causar una fuerte acumulación de refrigerante en el aceite.

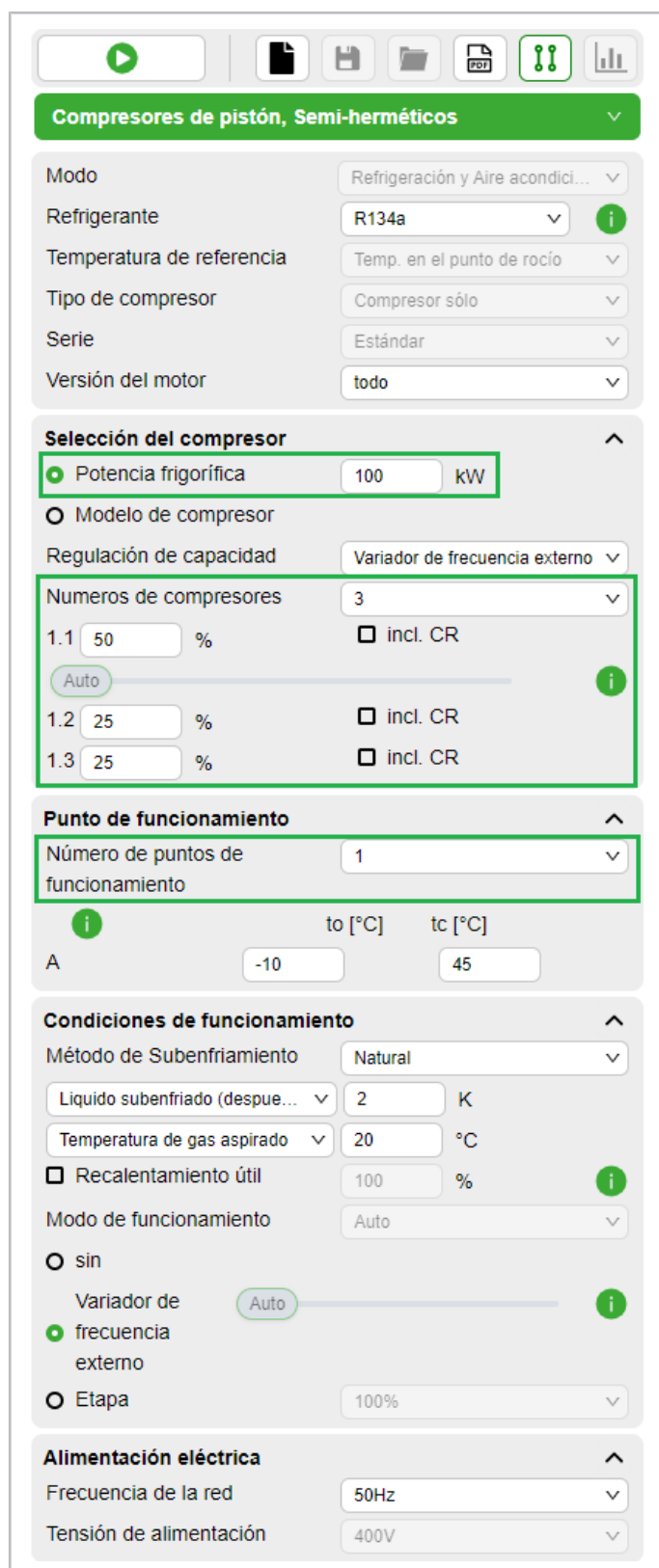
3.1 Selección con el BITZER SOFTWARE

El BITZER SOFTWARE facilita el diseño de baterías para compresores a pistón semiherméticos, abiertos y de 2 etapas. Este ejemplo ilustra el procedimiento:

Refrigerante	R134a
Potencia frigorífica 3 compresores	100 kW
Condiciones de funcionamiento	$t_o = -10^{\circ}\text{C}$ $t_c = 45^{\circ}\text{C}$ $t_{oh} = 20^{\circ}\text{C}$
Condiciones de red	400 V / 3 / 50 Hz
Regulación de potencia	Compresor 1 con variador de frecuencia y 50 % de la potencia, compresores 2 y 3 con 25 % cada uno.

Tabla 1: Condiciones generales para el ejemplo de cálculo en el BITZER SOFTWARE. Los evaporadores están equipados con un intercambiador de calor interno.

1. Hacer click en el botón  seleccionar o introducir las condiciones básicas y luego comenzar el cálculo pulsando el botón .



Compresores de pistón, Semi-herméticos

Modo: Refrigeración y Aire acondici...
 Refrigerante: R134a
 Temperatura de referencia: Temp. en el punto de rocío
 Tipo de compresor: Compresor sólo
 Serie: Estándar
 Versión del motor: todo

Selección del compresor

☒ Potencia frigorífica: 100 kW
☐ Modelo de compresor
 Regulación de capacidad: Variador de frecuencia externo
 Numeros de compresores: 3
 1.1: 50 % ☐ incl. CR
 Auto
 1.2: 25 % ☐ incl. CR
 1.3: 25 % ☐ incl. CR

Punto de funcionamiento

Número de puntos de funcionamiento: 1
 to [°C]: -10
 tc [°C]: 45

Condiciones de funcionamiento

Método de Subenfriamiento: Natural
 Líquido subenfriado (despu...: 2 K
 Temperatura de gas aspirado: 20 °C
☐ Recalentamiento útil: 100 %
 Modo de funcionamiento: Auto
☐ sin
 Variador de: Auto
☒ frecuencia externo
☐ Etapa: 100%

Alimentación eléctrica

Frecuencia de la red: 50Hz
 Tensión de alimentación: 400V

Fig. 5: Diseño de baterías de compresores a pistón en el BITZER SOFTWARE.

2. Visualización de los detalles del cálculo

El software propone 3 compresores que alcanzan la potencia especificada. Seleccionar la pestaña **DETALLE**. Hacer click en el símbolo al lado de las letras A (Punto de funcionamiento) y B (Punto de inicio) para visualizar todos los detalles calculados de los compresores seleccionados. Más información puede visualizarse haciendo click en las pestañas **LÍMITES**, **DATOS TÉCNICOS**, **DIMENSIONES**, **INFORMACIÓN**, **DOCUMENTACIÓN** y **FORMACIONES**.

Compresores de pistón, Semi-herméticos

Modo

Refrigeración y Aire acondici...

Refrigerante

R134a

Temperatura de referencia

Temp. en el punto de rocío

Tipo de compresor

Compresor sólo

Serie

Estándar

Versión del motor

todo

Selección del compresor

☐ Potencia frigorífica

100 kW

☒ Modelo de compresor

Regulación de capacidad

Variador de frecuencia externo

Números de compresores

3

1.1

6HE-25Y

☐ Incl. CR

1.2

4GE-20Y

☐ Incl. CR

1.3

4GE-20Y

☐ Incl. CR

68Hz

Punto de funcionamiento

Número de puntos de funcionamiento

1

to [°C]

tc [°C]

A

-10

45

Condiciones de funcionamiento

Método de Subenfriamiento

Natural

Líquido subenfriado (despue...

2

K

Temperatura de gas aspirado

20

°C

☐ Recalentamiento útil

100

%

Modo de funcionamiento

Auto

☐ sin

Variador de

68Hz

☒ frecuencia externo

68Hz

Resultado

Límites

Datos técnicos

Dimensiones

Accesorios

Información

descripción general

Detalle

<< A

Temp. de evaporación	-10,00 °C
Temp. de condensación	45,0 °C

Compresor	Total	6HE-25Y	4GE-20Y	4GE-20Y
Frecuencia del compresor		68,0 Hz	50Hz	50Hz
Potencia frigorífica	100,5 kW	45,5 kW	27,5 kW	27,5 kW
Potencia frigorífica *	--	44,6 kW	27,0 kW	27,0 kW
Potencia en el evap.	100,5 kW	45,5 kW	27,5 kW	27,5 kW
Ratio	--	45,2 %	27,4 %	27,4 %
Potencia absorbida	40,2 kW	18,87 kW	10,65 kW	10,65 kW
Corriente (400V)	69,7 A	31,0 A	19,35 A	19,35 A
Capacidad del condensador	140,6 kW	64,3 kW	38,2 kW	38,2 kW
COP/EER	2,50	2,41	2,58	2,58
COP/EER *	--	2,36	2,53	2,53
Caudal másico	2306 kg/h	1044 kg/h	631 kg/h	631 kg/h
Capacidad de refrigeración mini.	--	16,89 kW (25 Hz)	--	--
Capacidad de refrigeración maxi.	--	46,5 kW (70 Hz)	--	--
Temp. Gas de descarga no enfriado	98,0 °C	100,2 °C	96,2 °C	96,2 °C

Fig. 6: El BITZER SOFTWARE propone 3 compresores que alcanzan la potencia especificada; en este ejemplo, con variador de frecuencia en el compresor 1.

Para cambiar manualmente los compresores seleccionados, hacer click en el menú a la izquierda en las flechas al lado de las designaciones de los compresores. Luego hacer click en el botón para volver a calcularlos.

KT-600-8 // PDF Download

88

3. Seleccionar accesorios

En la barra de menú arriba, Seleccionar la pestaña "Accesorios".



Información

¡El módulo accesorio se activa después de un cálculo!

La ventana con accesorios se abre. Se propone un variador de frecuencia VARIPACK para compresor 1 y un recipiente común para todos los 3 compresores.

4 Evitar daños debidos a longitudes del tubo críticas

Los compresores de desplazamiento positivo no suministran el refrigerante de forma completamente continua: la alta presión y la baja presión se superponen mediante pulsaciones. Las pulsaciones se propagan en los tubos a la velocidad del sonido del vapor refrigerante y pueden reflejarse en codos de tubo de 90°, extremos cerrados o válvulas. Se producen resonancias y ondas estacionarias con longitudes del tubo recto seleccionadas de forma desfavorable hasta el punto de reflexión. Esto puede provocar picos de presión muy elevados, grandes fuerzas en el tubo y aumentos significativos de la temperatura. Es posible que se produzcan roturas de tubo debido a estos efectos.

Para evitar roturas de tubo, deben calcularse las longitudes del tubo críticas y evitarlas en la instalación como tramos rectos de tubo, especialmente en el conducto del gas de descarga y en el cable del economizador. También debe evitarse la mitad de la longitud del tubo: corresponde a armónicos con el doble de frecuencia.

Para realizar el cálculo se necesita:

- La velocidad del sonido en el vapor refrigerante con las presiones y temperaturas respectivas de la instalación. Puede determinarse utilizando programas de datos de sustancias refrigerantes como ASEREP de ASERCOM o RefProp de NIST.
- La frecuencia de las pulsaciones. Depende del diseño del compresor y de la frecuencia de la tensión de accionamiento, es decir, varía con variadores de frecuencia.

Lo siguiente aplica a los compresores BITZER:

diseño	velocidad de giro	Pulsación	
Compresor de pistón semihermético	$n \approx 0,5 \times f$	$f_p = n \times z$	motores de 4 polos, z: número de cilindros
compresor de tornillo	$n \approx f$	$f_p = n \times z$	motores de 2 polos, z: número de elementos perfilados
compresor de scroll	$n \approx f$	$f_p = n$	motores de 2 polos, uno para cada extensión

Tabla 2: Compresor para aplicaciones estáticas de BITZER

n: velocidad de giro del motor del compresor en Hz

f: frecuencia de la tensión de accionamiento en Hz

z: número de cilindros o elementos perfilados (5 o 4 elementos perfilados)

f_p : frecuencia de la pulsación en Hz

Las longitudes del tubo críticas pueden calcularse del siguiente modo:

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

Fig. 7: L_{kr} : longitud del tubo crítica en m
c: velocidad del sonido en m/s

Por ejemplo, para compresores de tornillo con variador de frecuencia:

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

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

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

Por ejemplo, para compresores de pistón de 4 cilindros con variador de frecuencia:

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

$t_c = 50$ °C, $t_{v2} = 90$ °C, R290

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

No debe utilizarse un rango de ± 15 % en torno a los valores calculados para la longitud del tubo crítica a fin de cubrir incertidumbres, por ejemplo, al determinar la temperatura y la presión, así como el deslizamiento del motor asíncrono. En los ejemplos anteriores, el número entre paréntesis corresponde a los armónicos con el doble de frecuencia. Por el contrario, si no se pueden evitar determinadas longitudes del tubo, es posible calcular qué gamas de frecuencias deben omitirse.

La reflexión puede suprimirse en gran medida mediante

- el empleo de dos codos de 45° en lugar de uno de 90°,
- tubos curvados con un gran radio de curvatura 24 veces mayor que el diámetro del tubo y
- puntos de empalme con 45°.

Unos amortiguadores de pulsaciones bien ajustados en los conductos de gas de descarga y en la conexión del economizador muchas veces son capaces de amortiguar las pulsaciones lo suficiente.

5 Gestión de aceite

5.1 Equilibrado de aceite y de gas entre los cárteres de cigüeñal

Anteriormente se optaba frecuentemente por un equilibrado de aceite y de gas entre los cárteres de cigüeñal para compresores de baja y moderada potencia. Es económico pero tiene desventajas decisivas: Debido a la tubería entre los cárteres de cigüeñal, el gas de aspiración pasa permanente por los compresores, incluso cuando están parados (en bypass). Bajo condiciones desfavorables, aceite puede trasladarse a los compresores en funcionamiento. Esto puede causar problemas en el suministro de aceite y daños en los compresores – una diferencia de presión de 0,01 bar ya corresponde a una diferencia del nivel de aceite de aprox. 11 cm. Por eso se recomiendan sobre todo los métodos descritos a continuación (*Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*, *Batería de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite*).

El flujo de refrigerante gaseoso, a través de los compresores que no están en funcionamiento, puede arrastrar fácilmente el aceite de los cojinetes del cigüeñal y las bielas. Esto puede provocar daños en el compresor. El efecto de lavado depende en gran medida del refrigerante y también del control de los compresores conectados en paralelo. Las mezclas de refrigerantes con componentes insaturados (HFO), HFO puro y los hidrocarburos como R290, R600a y R1270 arrastran mucho aceite. También influye el control de los tiempos de funcionamiento y parada de los compresores. Por lo tanto, la ecualización de aceite y gas únicamente debe emplearse cuando el fabricante del sistema cuente con amplia experiencia con los refrigerantes y el control.

Los compresores de BITZER de las series BE5 y BE6 (4JE-13 .. 6FE-50) pueden fabricarse con conductos de equilibrado de aceite y gas separados y dimensionados generosamente entre los cárteres de cigüeñal. Las conexiones están disponibles de serie (véanse las instrucciones de operación *KB-100*); los adaptadores correspondientes se suministran como accesorio. Los tubos de conexión deben dimensionarse tan cortos como posible. Las desviaciones de la conexión horizontal exacta mediante ligeras curvas sólo están permitidas hacia arriba en los conductos de equilibrado de gas y hacia abajo en los conductos de equilibrado de aceite. Considerando los comentarios más arriba, esta variante, sin embargo, es más bien útil para instalaciones que se fabrican en serie o repetidamente (basado en la experiencia práctica y ensayos).

5.2 Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado

Hasta ahora, esta variante se utiliza especialmente en unidades enfriadoras de líquido fabricadas en serie o instalaciones particularmente ensayadas. De este modo se excluye un traslado directo de aceite entre los compresores pero una distribución homogénea del aceite requiere medidas y condiciones particulares.

El sistema de recirculación de aceite interno de los compresores está construido de modo que la expulsión de aceite cambia en función del nivel de aceite en el cárter de cigüeñal. En combinación con un colector de aspiración optimizado y un control inteligente de la batería se obtiene un efecto de auto-regulación.

Requisitos generales y notas

- Este concepto se puede aplicar a instalaciones con
 - ≤ 4 compresores de igual potencia y sin regulación de potencia
 - compresores con el mismo sistema de lubricación y monitorización de la alimentación de aceite mediante controlador de nivel de aceite (lubricación centrífuga) o limitador de presión de aceite (lubricación por bomba). Los compresores con lubricación centrífuga o por bomba solo pueden combinarse con aplicaciones con reguladores de nivel de aceite (*Batería de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite*).
- Es necesaria una conmutación de la carga base a intervalos de 1 hora como máximo para que la temperatura de los compresores parados no baje demasiado. Idealmente la temperatura de las tapas de cilindros no debería bajar debajo de la temperatura de condensación para evitar un retorno de condensado. Una temperatura más alta también reduce la concentración de refrigerante en el aceite y así la expulsión de aceite cuando arranca el compresor.
- Ejecución de la instalación / tubería: Una condición para un funcionamiento seguro es un transporte constante de aceite en la instalación bajo plena carga y carga parcial. Es necesario diseñar cuidadosamente la tubería de modo que haya mínimas velocidades de flujo.
- Control de la instalación: Debería utilizarse una secuencia de control inteligente que garantiza una conmutación automática de secuencia así como tiempos de funcionamiento de los compresores de la misma longitud con una frecuencia de conmutación mínima.

Si la especificación difiere o si hay tuberías extensas con un suministro de aceite crítico, se recomienda utilizar instalaciones con reguladores de nivel de aceite (*Batería de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite*). Excepciones son posibles para determinadas aplicaciones en caso de conceptos probados.

Diseño constructivo de colectores de aspiración

- Construcción absolutamente simétrica (véase la ilustración abajo) – tanto en la construcción del colector como en la entrada del tubo de gas de aspiración y las secciones de tubo hacia los compresores
- Entrada del gas de aspiración:
 - 2 compresores: central
 - 3 y 4 compresores: a través de racor en Y simétrico

Una entrada lateral es muy desventajosa (incluso a baja velocidad del gas) debido al flujo desigual y a la distribución del aceite en el colector. Si hay razones de peso para la conexión lateral, el compresor con control de velocidad debería conectarse allí.

- Secciones de tubo hacia los compresores:

- Saliendo hacia arriba, biselado 30°
- Aberturas de aspiración en paralelo al eje del colector
- Colocación de la tubería hacia los compresores de forma simétrica y con diámetro idéntico

AVISO



¡Evitar la aspiración de suciedad!

Los tubos biselados deberían tener una distancia uniforme a la base del colector, p. ej. por medio de un distanciador (acero plano), que se quita después de haber soldado los tubos. Generalmente debe utilizarse gas protector para todos los trabajos de soldadura; quitar virutas y los demás depósitos meticulosamente.

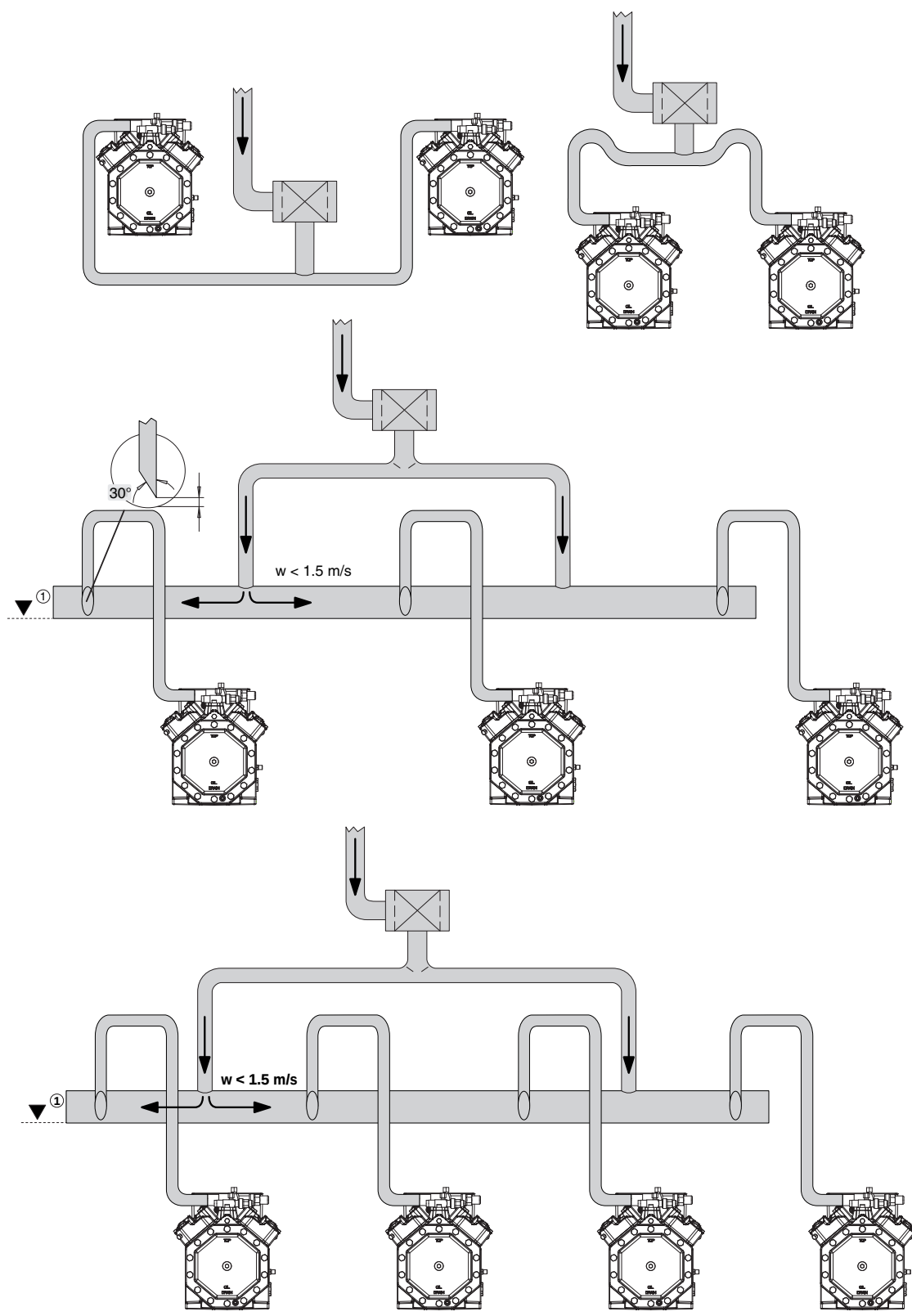


Fig. 8: Batería de compresores a pistón en paralelo: Diseño con colector de aspiración optimizado

①: El colector de aspiración también puede estar posicionado **debajo** del nivel del compresor

- Dimensión del tubo del colector para 2 compresores:
 - Entrada central con diámetro en función de la potencia total
 - Secciones de tubo hacia los compresores como conexión para soldar de las válvulas de cierre del gas de aspiración
- Dimensión del tubo del colector para 3 y 4 compresores:
 - Velocidad del gas de aspiración con contracorriente en el colector de $< 1,5$ m/s
- Montar el colector exactamente en horizontal

Diseño constructivo de colectores de descarga

- Conexión transversal con salida unilateral, evitar los codos de 90° y utilizar, por ejemplo, codos de 45° (*ver figura 9, Página 95*)
- Colocación debajo del nivel de las válvulas de cierre del gas de descarga
- La sección transversal de los tubos (con el mismo diámetro en todas partes) es idealmente tan grande como la sección transversal total de los tubos individuales. Alternativa: Dimensionamiento basado en la velocidad máxima de flujo - para refrigerantes de alta presión como R744, no debe superarse una velocidad máxima de flujo de 10 m/s.
- Tubos de conexión desde la válvula de cierre hasta el colector con pendiente descendente para evitar la acumulación de aceite y/o condensado de refrigerante en el lado de alta presión de los compresores parados. Diámetro según los criterios de diseño usuales.

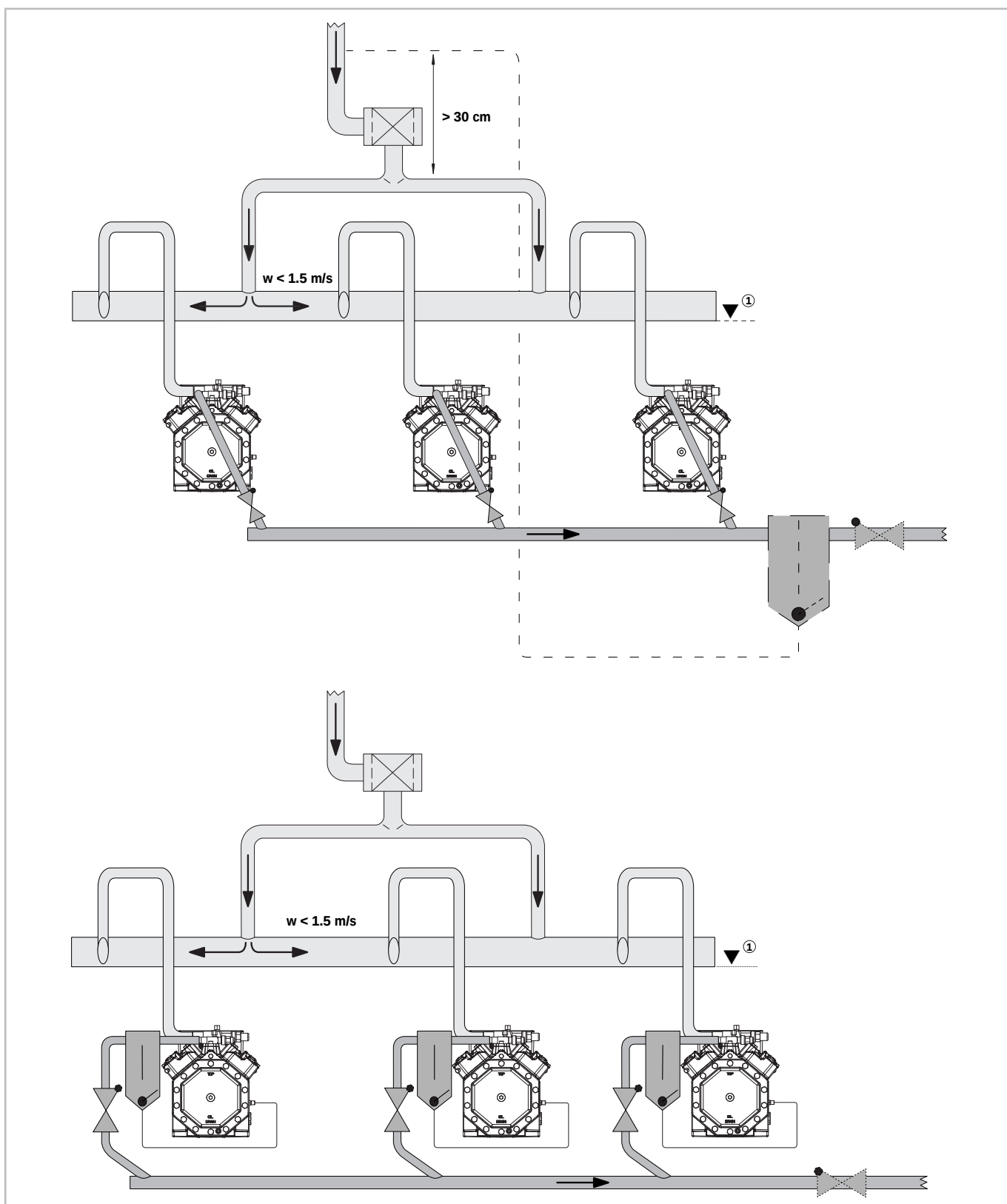


Fig. 9: Batería de compresores a pistón en paralelo: Ejecución del colector de descarga

①: El colector de aspiración también puede estar posicionado **debajo** del nivel del compresor

Válvulas de retención

Se requieren válvulas de retención en las secciones al colector bajo las siguientes condiciones (*ver figura 9, Página 95*):

- Con separadores de aceite individuales para cada compresor – para evitar el retorno del condensado de refrigerante al separador cuando está parado el compresor. Colocación siempre después del separador de aceite.
- Si la temperatura de las tapas de cilindros puede caer debajo de la temperatura de condensación cuando los compresores están parados (*Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*).
- Válvula de retención con un separador de aceite común (montado en dirección hacia el condensador):
 - si hay un riesgo de retorno de condensado del condensador o del colector de líquido e
 - instalaciones con largos períodos de parada

Las válvulas de retención deben ser adecuadas para su empleo en conductos del gas de descarga – planificación y dimensionamiento según las instrucciones del fabricante. Como alternativa al montaje de una válvula de retención es posible calentar el separador de aceite durante la parada.

El diseño de las válvulas de retención para los sistemas R744 con funcionamiento VFD es muy desafiante y no se recomienda, si es necesario consulte a BITZER.

Separador de aceite y recirculación de aceite

Los separadores de aceite no son obligatorios en una batería si la velocidad de flujo es suficiente. Sin embargo, se recomiendan generalmente para instalaciones con grandes variaciones de carga y para refrigeración a baja temperatura porque la circulación de aceite en estas instalaciones puede variar considerablemente. Según los requisitos pueden utilizarse separadores individuales (para cada compresor) o un separador común.

Considerar el entero rango de potencia para el diseño de los separadores, por ejemplo, también los tiempos de funcionamiento a elevadas temperaturas de evaporación (procesos de enfriamiento). Las instalaciones con un separador común requieren especial precaución en el diseño.

- Retorno de aceite de separador de aceite **central**: directamente al conducto del gas de aspiración que viene de la instalación – al menos 300 mm delante del colector y/o racor en Y
- Retorno de aceite de **separadores individuales**: directamente a la conexión de retorno de aceite en el cárter de gñeñal o al conducto del gas de aspiración del compresor respectivo

5.3 Batería de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite

Los reguladores de nivel de aceite (con separador de aceite y depósito de aceite) pueden utilizarse generalmente. Deberían emplearse en las siguientes aplicaciones:

- Conexión en paralelo de > 3 compresores
- Compresores con diferentes potencias y/o con regulación de potencia (también compresores con velocidad regulada)
- Conexión en paralelo de compresores operados a diferentes presiones de aspiración
- Instalaciones con una tendencia de acumular grandes cantidades de aceite en el lado de baja presión (p. ej. baja velocidad de flujo a carga parcial; el límite crítico depende de las condiciones de funcionamiento y del refrigerante)
- Instalaciones extensas con largos conductos y mucho refrigerante
- Compresores de diferentes potencias y/o con diferentes sistemas de lubricación (lubricación centrífuga / lubricación por bomba)
- Compresores R744 (aplicaciones subcríticas y transcíticas, instalaciones con compresores en paralelo)

El nivel de aceite en el compresor se monitoriza activamente y se rellena según necesidad. Hay diversas construcciones:

- Regulador de nivel de aceite mecánico con combinación de flotador y válvula

- Regulador de nivel de aceite electrónico con flotador o sensor (p. ej.: *Regulador de nivel de aceite OLM-IQ*). La alimentación de aceite se controla a través de una válvula solenoide integrada o externa. Esta variante permite al mismo tiempo una monitorización de nivel mínimo de aceite y debería preferirse consecuentemente.

Los reguladores de nivel de aceite con los adaptadores correspondientes se montan directamente en la conexión del visor quitando el visor existente (*Batería de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite*).

Requisitos generales y notas

Las instalaciones con reguladores de nivel de aceite requieren un separador de aceite que suministra el aceite a distribuir. Generalmente se utiliza un separador de aceite común (*Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*).

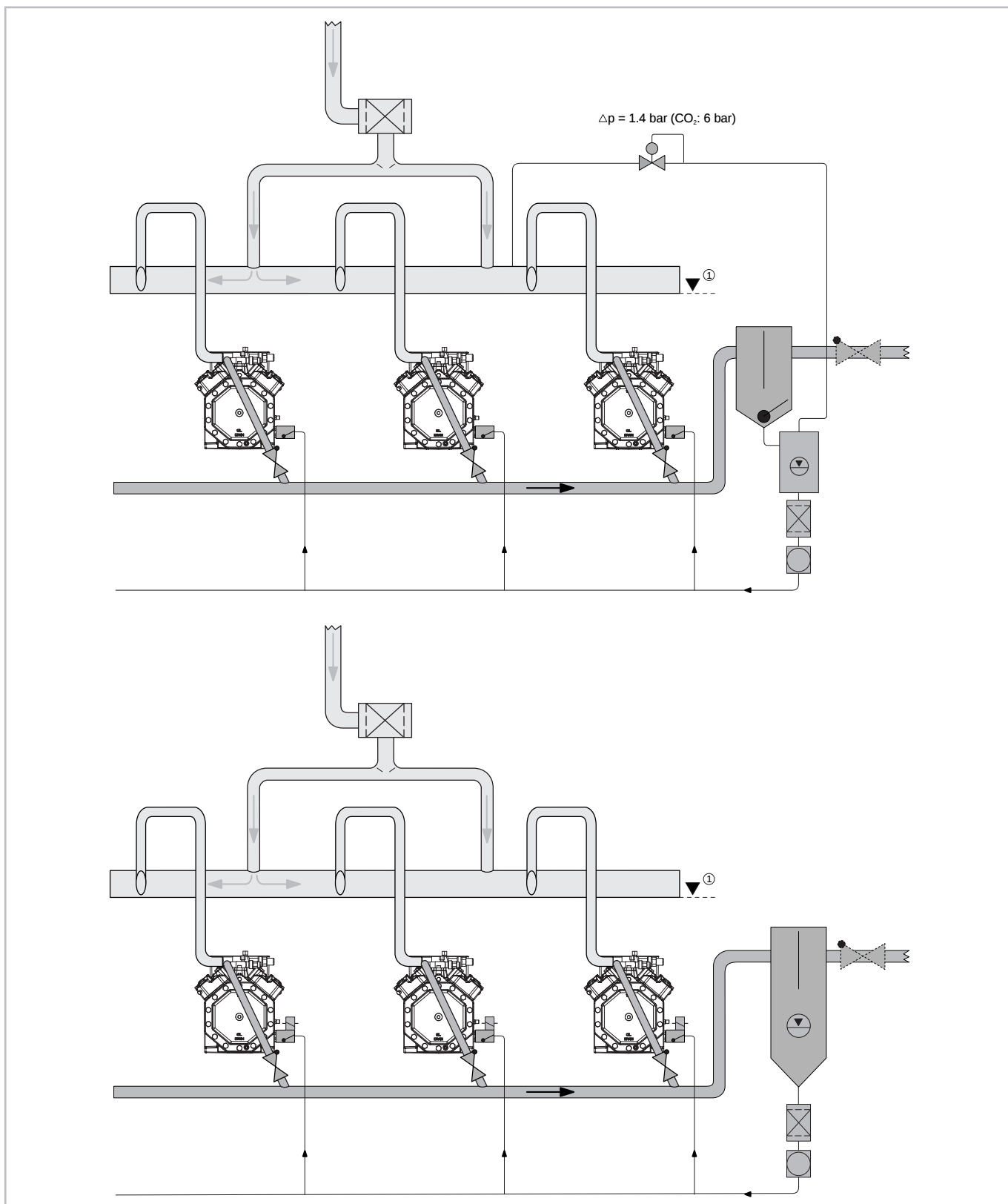


Fig. 10: Batería de compresores a pistón en paralelo: Ejecución con reguladores de nivel de aceite

①: El colector de aspiración también puede estar posicionado **debajo** del nivel del compresor

El aceite se transporta a los compresores (reguladores) desde el depósito. Este debe tener un volumen mínimo para poder compensar variaciones en el consumo de aceite (diseño según instrucciones del fabricante). Se ofrecen dos variantes:

Depósito de baja presión como depósito separado (*ver figura 10, Página 99, parte superior*)

- El aceite del separador de aceite se introduce en el depósito a alta presión. En este la presión es bajada controladamente en un conducto de desgasificación que lleva hacia el colector de aspiración. Una válvula diferencial de presión (1,4 bar) en el conducto de conexión garantiza una sobrepresión suficiente delante del regulador de nivel de aceite con «refrigerantes estándar».
- Para compresores de 2 etapas los cárteres de cigüeñal están bajo presión mediana. Por eso la desgasificación debe llevarse a una conexión transversal entre las conexiones en la tapa de la carcasa del motor (véanse los dibujos acotados en las instrucciones de operación *KB-150* o BITZER SOFTWARE) – el conducto de conexión debe estar posicionado debajo de las posiciones de las conexiones.

AVISO

¡Los reguladores de nivel de aceite mecánicos eventualmente solo son adecuados para pequeñas diferencias de presión!
 Seleccionar un diseño para una presión de trabajo de mín. 6,5 bar.

- Instalaciones para **funcionamiento transcrito con R744** requieren separadores de aceite con insertos para filtros coalescentes. Los separadores de aceite no deben llevar válvula de flotador. La monitorización de nivel (electrónica/óptica) en el separador de aceite abre una válvula solenoide en el conducto hacia el contenedor de aceite según necesidad. El volumen del contenedor de aceite debería ser el doble de grande del volumen de aceite en los compresores. Para facilitar la recirculación de aceite a los compresores, la presión en el depósito debería ser más alta que la más alta presión de aspiración en la instalación. La desgasificación se hace al conducto del gas de aspiración.

En baterías de compresores en paralelo, la desgasificación se hace siempre a la etapa de presión media y no a la etapa de la presión de aspiración del compresor de refrigeración normal, por ejemplo. Preferiblemente se deben emplear válvulas diferenciales de presión en el conducto de desgasificación. La diferencia de presión necesaria depende de las condiciones de contorno; generalmente se requieren diferencias de presión entre 2,5 y 4,5 bar.

En las instalaciones booster, el aceite del depósito común también se suministra a los compresores a baja presión. De este modo, la sobrepresión delante del regulador de nivel de aceite puede estar considerablemente por encima de los valores admisibles para reguladores mecánicos. Por eso deberían utilizarse únicamente los reguladores de nivel de aceite electrónicos con válvula solenoide integrada que son adecuados para las altas presiones diferenciales de instalaciones R744.

Hay que ajustar y coordinar los siguientes puntos para la gestión del aceite:

- Sección de las toberas de los reguladores de nivel de aceite utilizados en cada etapa de compresor.
- Tiempo de apertura de los reguladores de nivel de aceite utilizados en caso de rellenado
- Volumen de aceite reservado en el depósito
- Diferencia de presión máx. nominal en el depósito
- Longitud y sección de los conductos de aceite del depósito a los reguladores de nivel de aceite

Depósito de alta presión como reserva adicional de aceite en la parte baja del separador de aceite (*ver figura 10, Página 99, parte inferior*)

- El separador de aceite no lleva válvula de flotador; el conducto de aceite llega directamente a los reguladores de nivel de aceite.
- Para estas instalaciones solo son adecuados los reguladores de nivel de aceite electrónicos con válvula solenoide integrada. Deben ser aptos para un funcionamiento con un diferencial de presión total. Las toberas utilizadas para limitar el flujo de aceite se adaptan según las instrucciones del fabricante en función de la diferencia de presión. Es extremadamente importante porque mucho refrigerante está disuelto en el aceite debido a la alta presión del sistema. Vuelve al estado gaseoso cuando se alivia la presión hasta alcanzar el nivel de presión dentro del cárter de cigüeñal. Con una cantidad de alimentación continuamente elevada, se produce mucha espuma y, por consecuencia, empujes de líquido y expulsión de aceite elevada así como una insuficiente regulación del nivel de aceite y falta de aceite.

Diseño de reguladores de nivel de aceite y accesorios

El volumen del depósito debe ser suficiente para poder compensar diferentes cantidades de aceite en circulación en la instalación (p. ej. recirculación de aceite elevada desde condensadores después de descongelar). Hay que diseñar los reguladores de nivel de aceite, el depósito de aceite, la válvula diferencial de presión, el filtro de aceite (en el conducto de alimentación a los reguladores), el separador de aceite y las válvulas de retención según las instrucciones del fabricante. Para válvulas de retención y separadores de aceite se aplican además las notas arriba mencionadas (*Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*, *Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*).

La mayoría de los compresores alternativos BITZER disponen de un visor de rosca con una conexión 1 1/8-18 UNEF; para más detalles, consulte las Instrucciones de operación del compresor correspondiente. Los fabricantes ofrecen adaptadores para el montaje de los reguladores de nivel de aceite.

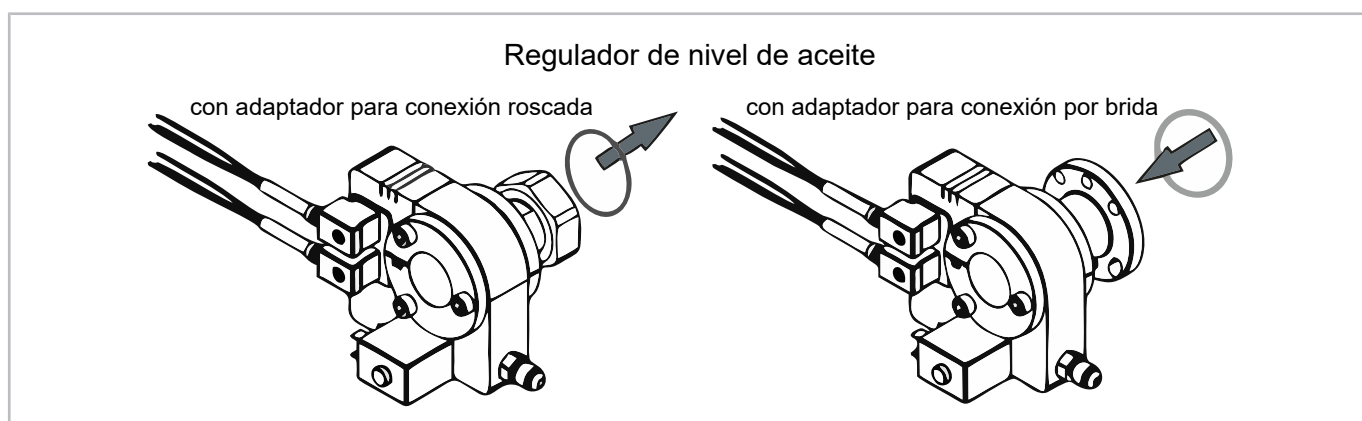


Fig. 11: Ejemplos de reguladores de nivel de aceite para conexión enroscada o por brida (fuente: Armaturenwerk Altenburg, AWA)

Colectores de aspiración y descarga junto con reguladores de nivel de aceite

Los colectores y la tubería pueden diseñarse en las variantes arriba mencionadas (*Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*, *Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*). Sin embargo, hay menos requisitos con respecto a la simetría y velocidad del gas para el colector de aspiración: Una entrada del gas de aspiración lateral es posible, y varios grupos de conductos de aspiración pueden funcionar en paralelo (p. ej. con diferentes presiones de aspiración). En este caso se recomienda una instalación con depósito de alta presión para «refrigerantes estándar» para garantizar una presión de aceite suficiente a los reguladores bajo todas las condiciones de funcionamiento. Los tubos a los compresores, sin embargo, deberían corresponder al diseño recomendado.

AVISO

¡Riesgo de empujes de líquido!

¡Observar la colocación de la tubería recomendada en baterías de compresores en paralelo con reguladores de nivel de aceite!

Construir la instalación de modo que un retorno del aceite o del condensado de refrigerante (del colector) al compresor sea posible durante la parada.

Los colectores de descarga y las válvulas de retención generalmente deben cumplir los criterios arriba mencionados (*Batería de compresores en paralelo con colector de aspiración optimizado*).

5.3.1 Regulador de nivel de aceite OLM-IQ

Con el OLM-IQ, BITZER ofrece su propio regulador de nivel de aceite electrónico. Se monta mediante un adaptador en la conexión del visor. La unidad de actuador y sensor OLM-IQ puede pedirse como accesorio para el módulo de compresor CM-RC (montaje en la fábrica o reequipamiento). Facilita un nivel de aceite estable gracias a una continua medición del nivel de aceite, dosificación de la recirculación de aceite y adaptación a la presión de alimentación de aceite. La lógica y la comunicación con el controlador de la instalación superior y el registro de datos están incorporados completamente en el CM-RC (CM-RC-01 o CM-RC-02 con placas de expansión CM-IO-A o CM-IO-B).

El OLM-IQ está disponible para compresores ECOLINE y compresores en tándem ECOLINE para refrigerantes estándar y R744:

- OLM-IQ1: versión para compresores estándar
- OLM-IQ2: versión para aplicaciones R744 con diferencial de presión de aceite de hasta 100 bar
- OLM-IQ3: versión para aplicaciones R744 con diferencial de presión de aceite de hasta 40 bar

Para más detalles, consulte las Informaciones técnicas del CM-RC:

- [KT-230](#): Información técnica Módulo de compresor CM-RC-01 para compresores de pistón
- [KT-240](#): Información técnica Módulo de compresor CM-RC-02 para compresores de pistón
- [KT-241](#): Información técnica Placa de expansión CM-IO-A para CM-RC-02
- [KT-242](#): Información técnica Placa de expansión CM-IO-B para CM-RC-02



Fig. 12: Ejemplo de equipamiento de un compresor de 8 cilindros con módulo de compresor CM-RC-02: sensor de temperatura del gas de descarga, convertidores de presión, resistencia de aceite, regulación de potencia CRII, presostato diferencial de aceite y regulador de nivel de aceite OLM-IQ.

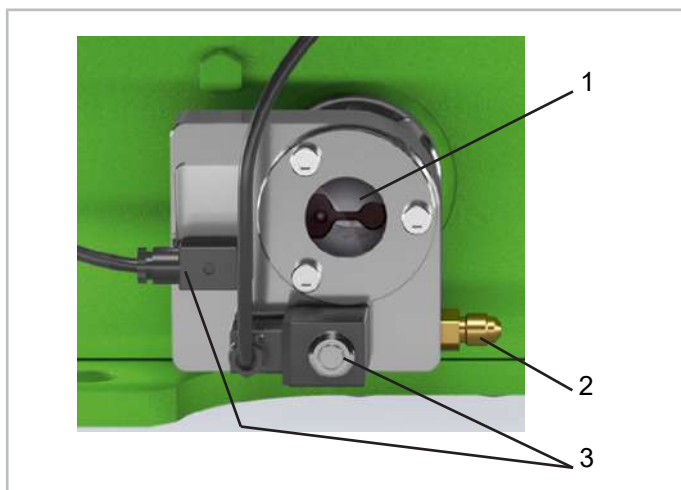


Fig. 13: Unidad de actuador y sensor del OLM-IQ

1: Sensor de nivel de aceite en el visor

2: Conexión de aceite 7/16-20 UNF

3: Cable de datos y alimentación de tensión con IP65



Fig. 14: Regulador del nivel de aceite OLM-IQ2 (número de la pieza 347 334 13) en el compresor (ejemplo)

6 Más componentes de la instalación frigorífica

Purificador en el lado de aspiración

En tuberías amplias con muchas conexiones soldadas es casi imposible evitar por completo la formación de yesca y otra suciedad. Por eso es muy recomendable montar un purificador con cartuchos monobloque reemplazables en el lado de aspiración. Los elementos filtrantes solo permanecen temporáneamente en la instalación para recoger impurezas sueltas. Si fuera necesario (p. ej. daño del motor), filtros antiácidos pueden utilizarse.

Posición de montaje **delante** del colector de aspiración.

Separador de líquido en el lado de aspiración

Un separador de líquido eventualmente necesario se selecciona en función de la potencia mínima y/o máxima indicada por el fabricante. En particular en la refrigeración a baja temperatura, sin embargo, los rangos de potencia están bastante limitados teniendo en cuenta la caída de presión y la recirculación de aceite. Se recomienda mon-

tar eventualmente varios separadores distribuidos en las secciones individuales. En instalaciones en serie se recomienda diseñar el colector de aspiración como un separador de líquido. Muchas veces el montaje de un separador especial puede evitarse diseñando y controlando la instalación debidamente. Las excepciones son instalaciones con inversión de la circulación o casos con un riesgo de retorno irregular de refrigerante o aceite. En este caso hay que considerar particularmente la tubería para obtener una recirculación de aceite continua y descongelar los evaporadores individuales en distintos momentos.

Condensador, enfriador, colector de líquido

Para una distribución regular y utilización óptima del condensador debería utilizarse únicamente un intercambiador de calor común. En baterías de colectores de líquido, enfriadores y condensadores refrigerados por agua en paralelo hay que prever cada vez un tubo entre aceite y gas.

Debido al gran rango de potencia así como temperaturas ambiente que varían según la estación del año se requiere una regulación de la presión del condensador. Esto evita ampliamente fluctuaciones considerables de la temperatura de condensación y la influencia resultante sobre la temperatura de evaporación. Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos en la regulación de presión:

- Limitación de la temperatura de condensación mínima posible según los límites de aplicación de los compresores
- Regulación «inteligente» de la temperatura de condensación (en función de carga y temperatura del aire de suministro) por medio de un volumen de aire variable de los ventiladores del condensador. Para un coeficiente de rendimiento (COP) óptimo el algoritmo de regulación debería garantizar un balance óptimo entre el consumo de potencia de los compresores y ventiladores bajo todas las condiciones.

Si se utiliza un enfriador para la recuperación de calor, hay que considerar las conexiones en el lado del refrigerante junto con la potencia; la sección transversal del paso debe estar diseñado con respecto a la potencia total. El enfriador solo debe montarse entre separador de aceite y condensador. Si se utiliza alternamente como enfriador y condensador, es eventualmente necesario emplear medidas adicionales para evitar empujes de líquido en el lado de presión y un desplazamiento del refrigerante.

Evaporador

Dependiendo del tipo de batería se utilizan evaporadores individuales o también un número mayor de evaporadores. Debido al rango de potencia frecuentemente amplio es necesario, sobre todo para evaporadores individuales, distribuir los circuitos de refrigeración en varios circuitos controlables por válvula solenoide, cada uno con una válvula de expansión separada. Como protección contra empujes de líquido durante el arranque debería preverse una curvatura en el conducto del gas de aspiración directamente al salir del evaporador (cuello de cisne).

Si hay un circuito de bombeo, puede omitirse esta medida.

7 Dispositivos de seguridad y control de la instalación

Dispositivos de seguridad

Hay que proteger cada uno de los compresores con un conector de presión o varios para que no se sobrepase la máxima presión admisible así como con dispositivo de protección del compresor y monitorización de presión y nivel de aceite. En particular durante un funcionamiento en el límite de aplicación térmica se recomienda además un sensor de temperatura del gas de descarga (accesorio). Para proteger contra excesivos aumentos del refrigerante en el aceite durante la parada es necesario una resistencia de aceite en las aplicaciones usuales (accesorio). El consumo de energía puede reducirse considerablemente con un control de la resistencia de aceite en función de la temperatura.

El módulo de compresor CM-RC de BITZER (CM-RC-01 o CM-RC-02 con placas de expansión CM-IO-A o CM-IO-B) puede proteger el compresor fiablemente, y la instalación eléctrica es menos complicada gracias a las numerosas funciones del módulo. Protección y operación de funciones integradas:

- Activación de ventilador adicional, inyección de refrigerante, resistencia de aceite, arranque en vacío, tiempos de conmutación de los contactores del compresor durante el arranque

- Activación de la regulación de potencia para adaptar la potencia frigorífica o térmica a la necesidad real (via modbus o señal de valor nominal) – esto garantiza la máxima disponibilidad y eficiencia del compresor
- Monitorización activa de los parámetros de funcionamiento (límites de aplicación)
- Comunicación a través de BEST SOFTWARE: Retroalimentación sobre el funcionamiento del compresor
- Comunicación con el controlador de la instalación
- Mando del OLM-IQ (*Regulador de nivel de aceite OLM-IQ*)

Información detallada, notas con respecto al montaje y la conexión eléctrica de CM-RC:

- KT-230: Información técnica Módulo de compresor CM-RC-01 para compresores de pistón
- KT-240: Información técnica Módulo de compresor CM-RC-02 para compresores de pistón
- KT-241: Información técnica Placa de expansión CM-IO-A para CM-RC-02
- KT-242: Información técnica Placa de expansión CM-IO-B para CM-RC-02

Para proteger la instalación completa contra un exceso de presión hay que observar las disposiciones de las instrucciones y normas de seguridad relevantes con respecto al diseño (p.ej. EN378, ISO5149). Para monitorizar la presión de aspiración mínima admisible un limitador de baja presión común que se ajusta a un nivel de presión inferior al de la regulación de la presión de aspiración generalmente es suficiente. Solo sirve de protección en caso de fallo o avería del control de la instalación.

Información sobre los dispositivos de protección del compresor:

- CT-120: Dispositivos de protección para compresores BITZER

Información sobre la monitorización de aceite:

- AT-170: Dispositivos de monitoreo de aceite disponibles – Descripción general

Control de la instalación

El control de una batería se lleva a cabo en función de la presión de aspiración o de una temperatura de proceso definida. En instalaciones con un mayor número de evaporadores frecuentemente se utiliza una regulación de la presión de aspiración en función de la necesidad. Los fabricantes de reguladores ofrecen una amplia gama de productos. El algoritmo de regulación debería garantizar por lo menos lo siguiente:

- Conexión y desconexión de compresores individuales y su regulación de potencia en función de la necesidad (regulación mecánica de graduación fina o regulación de velocidad), dependiendo de una presión de aspiración definida con reducido rango. Deberían tenerse en cuenta los criterios de diseño arriba descritas (*Diseño del compresor y accesorios*).
- Aseguramiento de la frecuencia de conmutación máxima y de la duración mínima de los compresores. Es posible, por ejemplo, por medio de la limitación del intervalo entre arranque y arranque así como una duración de funcionamiento mínima asegurada por algoritmo de regulación que se puede acortar únicamente si fuera necesario parar la instalación por razones de seguridad.
- Cambio automático del compresor de carga base para una distribución homogénea de las horas de funcionamiento de los compresores. Esto garantiza una carga equilibrada y mínimo desgaste.
- Para la desconexión controlada del compresor de carga base (a través de la presión de aspiración mínima) asegurar que las válvulas solenoides en el conducto de líquido o las válvulas de expansión electrónicas pueden activarse únicamente después de un eventual retardo del compresor de carga base. Esto se aplica también si un dispositivo de seguridad (p.ej. desconexión por presión alta) para todos los compresores. Esto evita la inundación de los evaporadores con líquido.
- Adaptación de la presión de aspiración a la necesidad, p.ej. aumento automático a carga reducida.
- Regulación lógica de la temperatura de condensación (*Más componentes de la instalación frigorífica*)

El funcionamiento de compresores a pistón con variadores de frecuencia se describe en:

- KT-420: BITZER Compresores de pistón con inversores de frecuencia externos

8 Instalación del compresor



ATENCIÓN

El compresor está llenado de gas protector: nitrógeno a sobrepresión de 0,2 .. 0,5 bar. Hay un riesgo de lesiones de la piel y de los ojos.



¡Aliviar la presión del compresor!

¡Llevar gafas protectoras!

Un montaje rígido sobre una armadura común es apropiado – los compresores con equilibrado de aceite y de gas así como colector de aspiración optimizado, sin embargo, deben estar absolutamente al mismo nivel. La ventaja de este tipo de montaje es que todos los tubos entre los compresores también pueden montarse de forma rígida. Sin embargo, hay que prestar atención a que los tubos del compresor al colector de aspiración y descarga sigan ser lo suficientemente flexibles colocándolos debidamente y considerando la longitud adecuada.

Según los requerimientos con respecto a emisiones de ruido y/o sonido transmitido por la estructura toda la armadura puede montarse sobre elementos vibratorios.



Información

¡Observar los pares de apriete para conexiones roscadas según el manual para el mantenimiento *AW-100*!

9 Puesta en servicio

Antes de la puesta en servicio hay que ajustar minuciosamente los dispositivos de seguridad y el mando de la instalación y controlar su funcionamiento adecuado (*Dispositivos de seguridad y control de la instalación*).

Para evitar el funcionamiento en ciclos cortos durante la puesta en servicio, el colector es llenado con una reserva básica de refrigerante. Después arrancar los compresores individualmente (¡proceder según las instrucciones de operación correspondientes!) y controlar inmediatamente si la alimentación de aceite está asegurada (control visual en el visor del compresor o regulador de nivel de aceite). El nivel de aceite debe controlarse durante un periodo prolongado durante todos los estados operativos y bajo todas las condiciones de carga. Añadir aceite (nivel: 1/4 ... 3/4 del visor) y refrigerante según necesidad. Controlar la temperatura y recirculación de aceite del separador de aceite (montar un visor para el control visual). La recirculación de aceite debe funcionar de forma intermitente; una mezcla de gas/aceite caliente continuamente desbordante indica una avería. Las causas pueden ser las siguientes; hay que eliminarlas enseguida:

- Llenado excesivo de aceite en la instalación
- Separador demasiado pequeño
- Flotador defectuosos o sucio



AVISO

Hay que observar además las instrucciones de operación para puesta en servicio y mantenimiento (*Introducción*)!

Содержание

1 Введение	108
2 Безопасность	108
3 Подбор компрессора и аксессуаров.....	110
3.1 Подбор с помощью BITZER Software.....	113
4 Не допускайте повреждений вследствие критической длины труб	116
5 Масляная система	117
5.1 Выравнивание масла и газа между картерами.....	117
5.2 Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании.....	118
5.3 Параллельное соединение с регуляторами уровня масла.....	123
5.3.1 Регулятор уровня масла OLM-IQ	127
6 Другие компоненты системы охлаждения	129
7 Устройства защиты и система управления.....	130
8 Монтаж компрессора	132
9 Ввод в эксплуатацию	132

1 Введение

При параллельном соединении, несколько компрессоров объединяются в общий холодильный контур. Системы часто сложны и имеют особые требования, в частности, в отношении возврата масла, распределения масла между компрессорами и управления системой. Этот документ содержит важную информацию для планирования и исполнения таких систем. Кроме того, необходимо учитывать критерии, относящиеся к системе, и специальные спецификации производителей, относящиеся к дополнительным компонентам (например, маслоотделителям, регуляторам уровня масла), которые могут потребовать корректировки планировки и аксессуаров, если это необходимо.

Кроме того, необходимо соблюдать общие технические нормы и действующие правила техники безопасности.

Хладагент

В этом документе рассматриваются многокомпрессорные системы с HFC и HFO хладагентами и R744. Подробно по многокомпрессорным системам для R717 (NH₃), см. Техническую информацию [AT-640](#).

Также соблюдайте требования следующей технической документации

- [KB-100](#): Инструкция по эксплуатации Полугерметичные поршневые компрессоры
- [KB-120](#): Полугерметичные поршневые компрессоры для субкритических CO₂ – применений
- [KB-130](#): Инструкция по эксплуатации Полугерметичные поршневые компрессоры для транскритических R744 применений
- [KB-150](#): Поршневые компрессоры Дополнение «двухступенчатые модели»
- [KB-520](#): Инструкция по эксплуатации Открытые поршневые компрессоры 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- [CB-110](#) и [CB-111](#): Инструкция по эксплуатации VARIPACK - внешние преобразователи частоты BITZER
- [AT-640](#): Применение аммиака (R717) с компрессорами BITZER
- [AT-744](#): Руководство по применению R744

Преимущества параллельного соединения

Аспекты за или против параллельного соединения сильно разнятся для общей оценки, однако есть ряд преимуществ:

- Оптимальное регулирование производительности в зависимости от нагрузки, в частности, с дополнительным регулятором производительности компрессоров (система CRII или преобразователь частоты)
- Низкая нагрузка на электросеть при пуске за счет поэтапного запуска компрессоров
- При выходе из строя компрессора или преобразователя частоты система остается работоспособной.
- Простая и не затратная планировка трубопроводов в широко разветвленных системах по сравнению с индивидуальными контурами хладагента.

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.

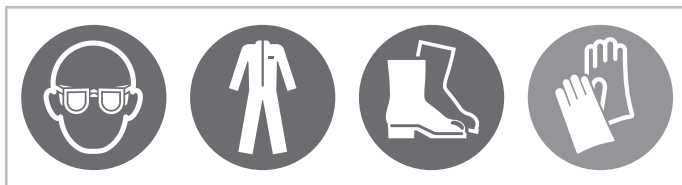


Рис. 1: Используйте средства индивидуальной защиты!

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!

3 Подбор компрессора и аксессуаров

Подбор компрессора и градация производительности

Для проектирования параллельного соединения необходимо точно оценить производительность:

- Требуемая производительность при максимальной нагрузке (расчетные условия)
- Требуемая производительность при минимальной нагрузке (работа в ночное время, работа в нерабочие часы, например, в супермаркетах, пониженная потребность в охлаждении и низкая температура конденсации при низких температурах наружного воздуха, ...)
- Количество одновременно работающих испарителей

Поскольку каждый испаритель может по-разному влиять на общую нагрузку, может потребоваться оценка отдельных нагрузок с точки зрения их вклада в общую нагрузку в течение определенного периода работы. При этом, интеллектуальное управление может распределять нагрузку таким образом, чтобы потребность в охлаждении не претерпевала резких изменений.

Наилучшая точность регулирования достигается за счет того, что многокомпрессорная система покрывает потребность в охлаждении посредством бесступенчатого изменения холодопроизводительности от минимума до максимума. Узкий диапазон регулирования и значительные изменения нагрузки или производительности приводят к нестабильности всей системы. Компрессоры с регулируемой скоростью или с бесступенчатым механическим регулятором производительности (например, CR11) являются хорошим вариантом для обеспечения стабильного управления технологическим процессом, если диапазон регулирования хотя бы одного компрессора может покрывать разрывы в производительности, вызванные другими компрессорами во время пуска и останова.

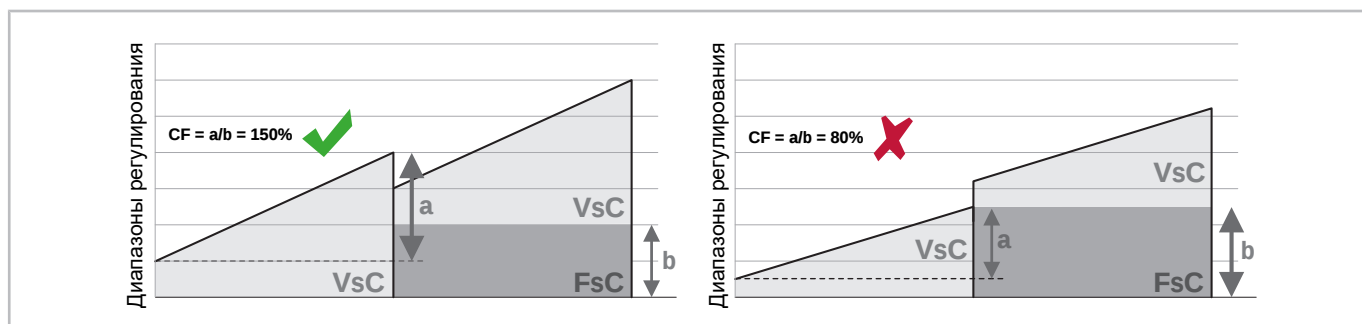


Рис. 2: Пример точного регулирования для параллельного соединения с 2 компрессорами (источник: ASERCOM)

VsC: Компрессор с регулируемой скоростью

FsC: Компрессор с фиксированной скоростью

CF: Точность регулирования в %

Для получения дополнительной информации по оптимизированному подбору компрессоров и регулированию их производительности см. *"Руководство ASERCOM по проектированию многокомпрессорных агрегатов с использованием преобразователей частоты"* (глава 2).

Многоступенчатые системы

Регулирование производительности необходимо для современных холодильных систем, особенно для хладагентов с высокой плотностью всасывания и объемной холодопроизводительностью. Цели:

- покрытие минимальной нагрузки, предпочтительно без работы в цикле пуск-останов
- высокая точность регулирования (коэффициент регулирования CF) с минимальным изменением производительности на шаг
- снижение затрат, т.е. за счет большей производительности при меньшем количестве компрессоров
- минимальное разнообразие используемых типов компрессоров
- эксплуатационная безопасность

Противоречащие этим целям требования иногда приводят к условиям нагрузки с большим количеством циклов пуск-останов и к нестабильным условиям эксплуатации, вызванных плохим качеством регулирования.

Это может привести к снижению эффективности, влажному ходу, колебаниям контура регулирования, неблагоприятным условиям работы компрессоров, плохому контролю температуры и качеству продукции.

В дополнение к вышеприведенному примеру с одноступенчатой холодильной системой может оказаться полезным рассчитать точность регулирования многоступенчатой холодильной системы (средне- и низкотемпературное применение) с использованием следующего метода. Он учитывает отраслевую тенденцию по использованию все меньшего и меньшего количества компрессоров на группу всасывания или температурную ступень и предназначен для объединения противоположных требований: высокий коэффициент регулирования, покрытие минимальных нагрузок и оценка для всей системы. Это достигается за счет индивидуальной оценки низкотемпературной (LT) ступени и минимальной нагрузки среднетемпературной (MT) ступени.

$$CF_{MT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (1)$$

$$CF_{MT\ min} = \frac{Q_{o\ MT\ max} - Q_{o\ MT\ min}}{Q_{o\ MT\ max}} \quad (2)$$

$$CF_{LT\ nom} = \frac{Q_{VsC\ max} - Q_{VsC\ min}}{Q_{FsC}} \quad (3)$$

$$CF_{System} = CF_{MT\ nom} + CF_{MT\ min} + CF_{LT\ nom} \quad (4)$$

Рис. 3: Расчет общего коэффициента регулирования CF для многоступенчатой холодильной системы:

$Q_{VsC\ max}$: холодопроизводительность компрессора с регулируемой скоростью при максимальной скорости

$Q_{VsC\ min}$: холодопроизводительность компрессора с регулируемой скоростью при минимальной скорости

Q_{FsC} : Минимальная холодопроизводительность компрессора с фиксированной скоростью (с учетом системы регулирования производительности, если применяется)

nom: номинальная производительность при расчетных условиях

min: минимальная производительность при расчетных условиях

На первом этапе (формулы 1 и 3) рассчитываются коэффициенты регулирования для MT и LT ступеней, как описано в [Руководстве ASERCOM](#).

Кроме того, по формуле 2 рассчитывается возможность покрытия минимальной нагрузки MT ступени. Для этого принимаются стандартные условия без LT нагрузки (т.е. только нормальное охлаждение, компрессор LT ступени математически отключен).

На последнем этапе (формула 4), CF рассчитывается как сумма отдельных CF.

Окончательная оценка различает 5 категорий коэффициента регулирования CF:

Коэффициент регулирования CF	Оценка
$CF \geq 3$	отлично
$3 > CF \geq 2,5$	хорошо
$2,5 > CF \geq 1,95$	приемлемо
$1,95 > CF \geq 1,55$	плохо
$CF < 1,55$	неприемлемо

Этот расчет CF также применим, если ни один из компрессоров не имеет регулирования производительности. В этом случае рассматриваемое слагаемое имеет нулевое значение, что существенно снижает общее $CF_{системы}$.

Тандем компрессоры

Тандем компрессор — это самый простой вариант параллельного соединения двух компрессоров. Общая всасывающая камера большого объема обычно гарантирует равномерное распределение масла. Однако для оптимального масляного баланса и длительного срока службы, как правило, должно предусматриваться управление с автоматическим переключением последовательности, что также гарантирует достаточное

минимальное время работы двух компрессоров. Кратковременная работа увеличивает унос масла и сокращает срок службы.

Плавное регулирование производительности может достигаться за счет пуска-останова двух компрессоров в сочетании с регуляторами производительности (блокировка всасывания – CRII). В качестве альтернативы можно использовать преобразователь частоты (только) с одним компрессором в тандеме. Здесь также рекомендуется переключение последовательности, при котором преобразователь частоты должен попеременно назначаться ведущему компрессору посредством переключения логики управления.

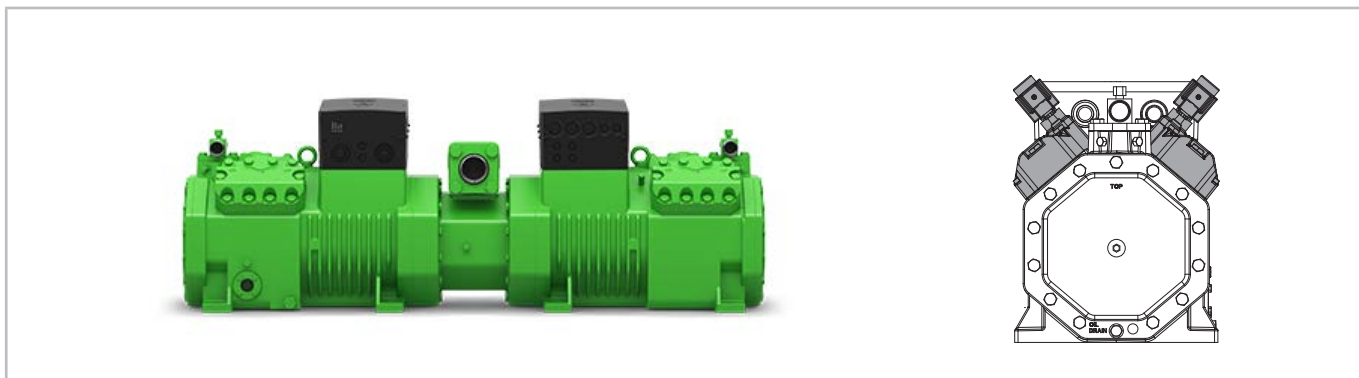


Рис. 4: 4+4-цилиндровые ECOLINE тандем компрессоры. Слева: вид сбоку, справа: вид на серую боковую крышку: регулятор производительности CRII

Дополнительное охлаждение

В многокомпрессорных системах компрессоры и конденсаторы часто устанавливаются на удалении друг от друга. По этой причине, в зависимости от условий, может потребоваться дополнительное охлаждение (см. области применения) – либо с помощью

- воздуха (дополнительного вентилятора)
- и/или с помощью впрыска хладагента с электронным управлением (RI)
- или с помощью воды (головки цилиндров с водяным охлаждением для компрессоров 4JE .. 4FE, 6JE .. 6FE).

При останове компрессора, также без исключений, должно отключаться дополнительное охлаждение. В случае с вентилятором это делается путем простого подключения компрессора и вентилятора от одного контактора. При использовании электронного модуля компрессора CM-RC дополнительный вентилятор, при необходимости, задействуется по температуре нагнетаемого газа. Соленоидный клапан, перекрывающий проток воды при остановке компрессора, должен устанавливаться перед головкой цилиндров с водяным охлаждением. Постоянно включенное дополнительное охлаждение увеличивает риск образования сконденсированного хладагента в головке цилиндров и снижает эффективность работы подогревателя масла. Это может привести к высокой концентрации хладагента в масле.

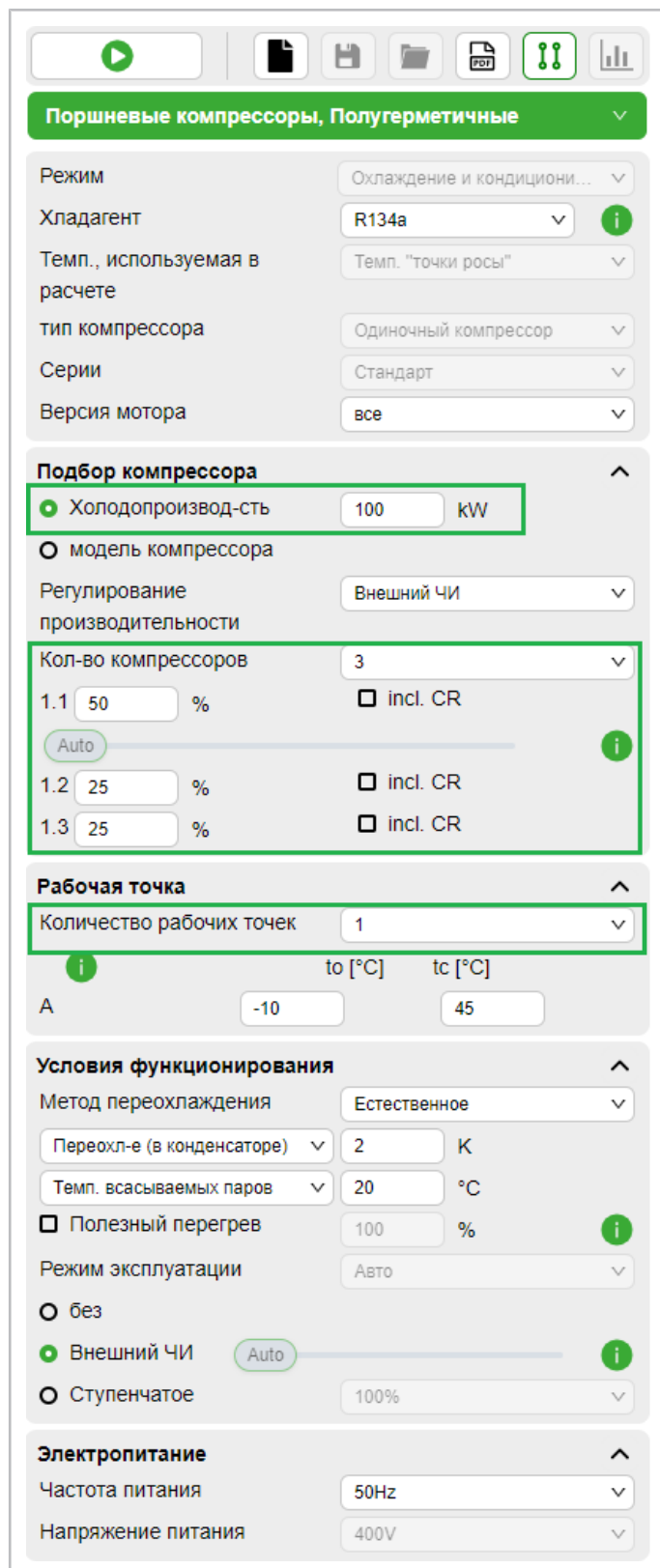
3.1 Подбор с помощью BITZER Software

BITZER Software используется для подбора многокомпрессорных систем с полугерметичными/открытыми и двухступенчатыми поршневыми компрессорами. Процедура проиллюстрирована здесь в качестве примера:

Хладагент	R134a
Холодопроизводительность 3 компрессора	100 kW
Условия эксплуатации	$t_o = -10^{\circ}\text{C}$ $t_c = 45^{\circ}\text{C}$ $t_{oh} = 20^{\circ}\text{C}$
Условия электропитания	400 V / 3 / 50 Hz
Регулирование производительности	Компрессор 1 с преобразователем частоты и производительностью 50 %, компрессоры 2 и 3 — по 25 % каждый.

Табл. 1: Общие условия для примера расчета в BITZER Software. Каждый испаритель оснащен внутренним теплообменником.

1. Кликните  кнопку, выберите или введите общие условия, а затем запустите расчет, кликнув  кнопку.



Поршневые компрессоры, Полугерметичные

Режим: Охлаждение и кондициони...

Хладагент: R134a

Темп., используемая в расчете: Темп. "точки росы"

тип компрессора: Одиночный компрессор

Серии: Стандарт

Версия мотора: все

Подбор компрессора

☒ Холодопроизвод-сть: 100 kW

☐ модель компрессора

Регулирование производительности: Внешний ЧИ

Кол-во компрессоров: 3

1.1: 50 % ☐ incl. CR

1.2: 25 % ☐ incl. CR

1.3: 25 % ☐ incl. CR

Рабочая точка

Количество рабочих точек: 1

to [°C]: -10 tc [°C]: 45

Условия функционирования

Метод переохлаждения: Естественное

Переохл-е (в конденсаторе): 2 K

Темп. всасываемых паров: 20 °C

☐ Полезный перегрев: 100 %

Режим эксплуатации: Авто

☐ без

☒ Внешний ЧИ: Auto

☐ Ступенчатое: 100%

Электропитание

Частота питания: 50Hz

Напряжение питания: 400V

Рис. 5: Подбор многокомпрессорных систем с поршневыми компрессорами в BITZER SOFTWARE.

Откроется окно "Аксессуары" и будет предложен VARIPACK преобразователь частоты для компрессора 1 и общий ресивер для всех трех компрессоров.

4 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. 2: 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. 7: L_{kr} : критическая длина труб, м

c: скорость звука, м/с

Пример расчета для винтового компрессора с преобразователем частоты:

z = 5; f = 20 .. 60 Гц; f_p = 100 .. 300 (600) Гц

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

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

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

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

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

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

Для расчетных значений критической длины труб также не следует использовать диапазон $\pm 15\%$, 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.

5 Масляная система

5.1 Выравнивание масла и газа между картерами

Для компрессоров малой и средней производительности ранее часто выбиралось выравнивание масла и газа между картерами. Это недорогой вариант, но он имеет существенные недостатки: из-за соединения труб между картерами всасываемый газ (в байпасе) будет продолжать поступать также через остановленные компрессоры. При неблагоприятных условиях это может привести к миграции масла в работающие компрессоры. Это может привести к нарушению масляного баланса и повреждению компрессора – перепад давления всего в $0,01\text{ бар}$ соответствует перепаду уровня масла примерно в 11 см . Вот почему, в частности, рекомендуются методы, описанные ниже (Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании, Параллельное соединение с регуляторами уровня масла).

Протекание газообразного хладагента через отключённые компрессоры может легко привести к вымыванию масла из подшипников коленчатого вала и шатунов, что в свою очередь может вызвать повреждение компрессора. Степень вымывания сильно зависит от типа хладагента, а также от регулирования параллельной установки компрессоров. Смеси хладагентов с ненасыщенными компонентами (HFO), чистые HFO и углеводороды, такие как R290, R600a и R1270, особенно сильно вымывают масло. Также имеет значение управление временем работы и остановки компрессоров. Поэтому выравнивание масла и газа может применяться только с теми хладагентами и системами управления установкой, с которыми производитель холодильной установки имеет положительный опыт.

Компрессоры BITZER серии BE5 и BE6 (4JE-13 .. 6FE-50) можно проектировать с отдельными масляными и газовыми уравнивательными линиями большого диаметра между картерами. Подходящие присоединения идут стандарте (см. инструкцию по эксплуатации KB-100) а подходящие адаптеры доступны в качестве аксессуаров. Соединительные линии должны быть как можно короче. Отклонения от строго прямого горизонтального соединения небольшими изгибами допускаются в газовой уравнивательной линии только вверх, а в линии выравнивания масла только вниз. Однако, с учетом сделанных выше пояснений, и этот вариант скорее подходит для систем, которые (на основе практического опыта и испытаний) строятся либо стандартно, либо, по крайней мере, серийно.

5.2 Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании

Этот вариант ранее использовался, в частности, в чиллерах заводского изготовления или в специально протестированных системах. Хотя он предотвращает прямую миграцию масла между компрессорами, однако для равномерного распределения масла требуются специальные меры и требования.

Система внутренней циркуляции масла компрессоров сконструирована таким образом, что интенсивность уноса масла зависит от уровня масла в картере. В комбинации с оптимизированным коллектором на всасывании и интеллектуальной системой управления это создает эффект саморегулирования.

Общие требования и рекомендации

- Концепция предназначена для следующих систем:
 - не более 4-х компрессоров равной производительности и без регулирования производительности
 - идентичная система смазки для компрессоров и контроль подачи масла датчиком уровня масла (масляный диск) или реле давления масла (масляный насос). Компрессоры с масляным диском и с масляным насосом можно комбинировать только в том случае, если они оснащены регуляторами уровня масла (*Параллельное соединение с регуляторами уровня масла*).
- Необходимо переключение последовательности пуска с интервалом максимум 1 час для того, чтобы температура остановленных компрессоров не опускалась слишком низко. В идеальном случае головки цилиндров не должны охлаждаться до температуры ниже, чем температура конденсации, чтобы исключить обратную конденсацию хладагента. Более высокая температура способствует уменьшению концентрации хладагента, растворённого в масле, а, следовательно, снижается унос масла при запуске компрессора.
- Проект системы / планировка трубопроводов: Условием безопасной эксплуатации является равномерная циркуляция масла в системе, как при полной, так и при частичной нагрузке. Для соблюдения данного условия, необходимо уделить особое внимание планировке трубопроводов, в отношении минимальных скоростей потока
- Управление системой: Следует использовать интеллектуальную систему управления, которая обеспечивает автоматическое переключение последовательности пуска компрессоров, а также равные периоды работы компрессоров с минимальными циклами пусков.

В случае, если спецификация системы отличается от обычной или планировка трубопроводов является сложной и сильноразветвленной, с критической по надёжности циркуляцией масла, рекомендуется применять систему с регуляторами уровня масла (*Параллельное соединение с регуляторами уровня масла*). Возможны исключения в случае уже проверенных систем для специального применения.

Проектирование коллектора на всасывании

- Абсолютно симметричная конструкция (см. рис. ниже) - это относится как к конструкции самого коллектора, так и к входу линии всасывания в коллектор, а также к трубопроводам, идущим к компрессорам
- Вход линии всасывания в коллектор:
 - 2 компрессора: по центру
 - 3 и 4 компрессора: через симметричный тройниковый узел.

Вход линии всасывания в коллектор сбоку не рекомендуется (даже при низких скоростях течения газа) из-за неоднородности всасываемого потока и неравномерности распределения масла в коллекторе. Если есть веские причины для входа сбоку, компрессор с регулируемой скоростью должен быть подключен именно туда.

- Трубопроводы, идущие к компрессорам:
 - Вводятся в коллектор сверху вниз, на концах имеют скос под углом 30°
 - Направление срезов трубопроводов по отношению с оси коллектора должно быть идентичным и соответствовать планировке на рисунке, см. ниже
 - Симметричные с трубопроводами равного диаметра, идущих к компрессорам.

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

Предотвращение всасывания загрязнений!

Необходимо, чтобы все трубопроводы находились на одинаковом расстоянии от дна коллектора. Этого можно достичь при монтаже, используя распорку (стальной стержень), который убирается после сваривания/ спаивания трубопроводов. Как правило, все сварные работы и пайка должны проводиться в атмосфере инертного газа. Необходимо тщательно удалить нагар и другие отложения.

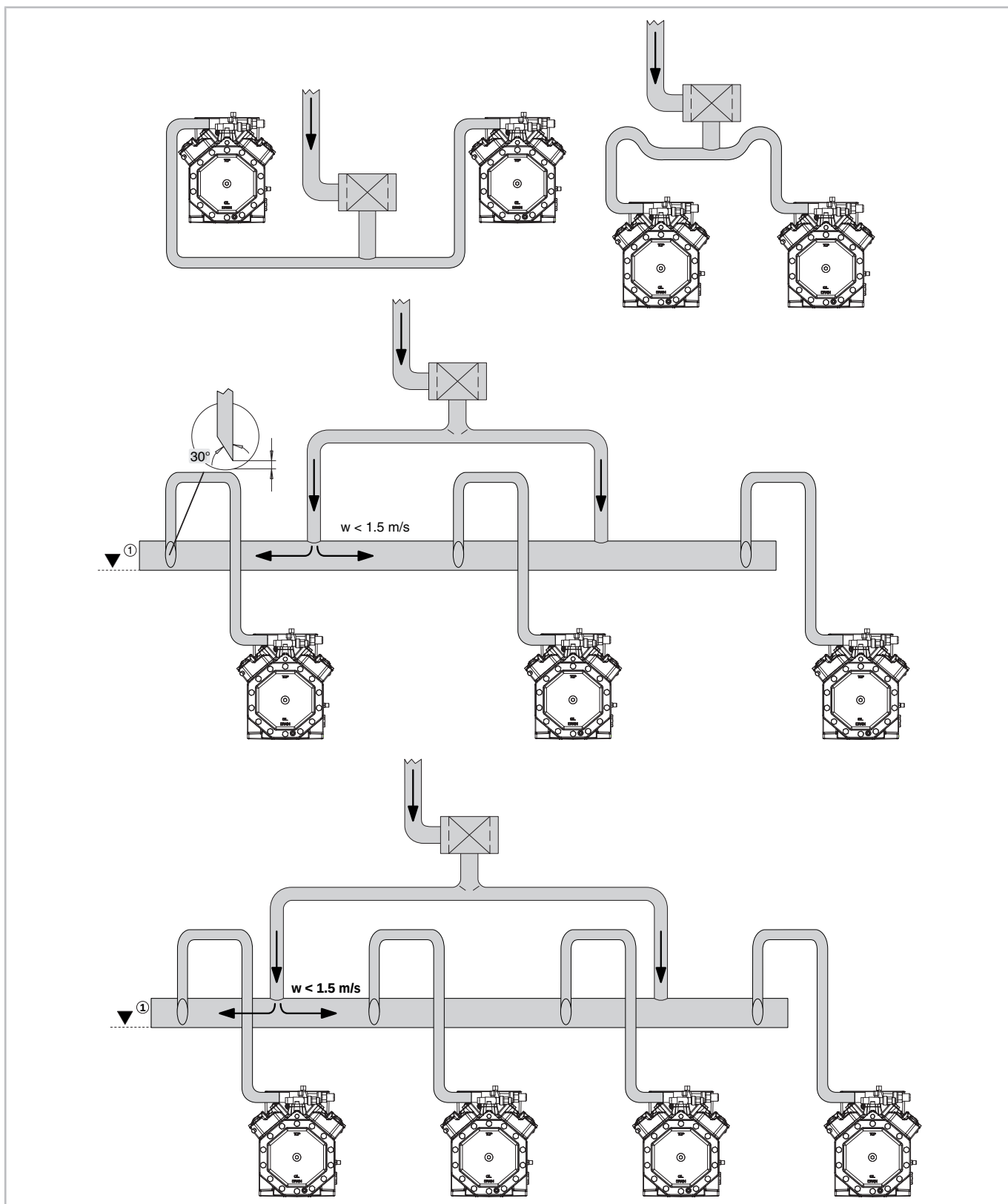


Рис. 8: Параллельное соединение поршневых компрессоров: Исполнение с оптимизированным коллектором на всасывании
 ①: можно располагать также и **ниже** уровня компрессоров

- Размеры трубы коллектора для двух компрессоров:
 - Центральный вход должен иметь диаметр, соответствующий общей объёмной производительности

- Трубопроводы идущие к компрессорам - в соответствии с диаметром присоединений под пайку запорного клапана на всасывании
- Размеры трубы коллектора для 3-х и 4-х компрессоров:
 - Скорость всасываемого газа, протекающего в коллекторе должна быть менее $< 1.5 \text{ m/s}$
- Коллектор должен монтироваться строго горизонтально

Проектирование коллектора на нагнетании

- Поперечное соединение с выходом с одной стороны, избегайте 90° изгибов и используйте например 45° изгибы (*см. рисунок 9, Страница 122*)
- Должен располагаться ниже уровня запорных клапанов на нагнетании компрессора
- Площадь сечения трубы, имеющей по всей длине одинаковый диаметр, равна или больше суммы площадей сечений всех нагнетательных трубопроводов, идущих от компрессоров В качестве альтернативы: Определение размеров на основе макс. скорости потока - для хладагентов высокого давления, таких как R744, макс. скорость потока не должна превышать 10 m/s .
- Соединительные трубопроводы, должны быть направлены от запорных клапанов компрессоров к коллектору с уклоном вниз, для того чтобы избежать скопления масла и / или сконденсированного хладагента на стороне нагнетания остановленного компрессора. Диаметр выбирается исходя из обычных требований при проектировании.

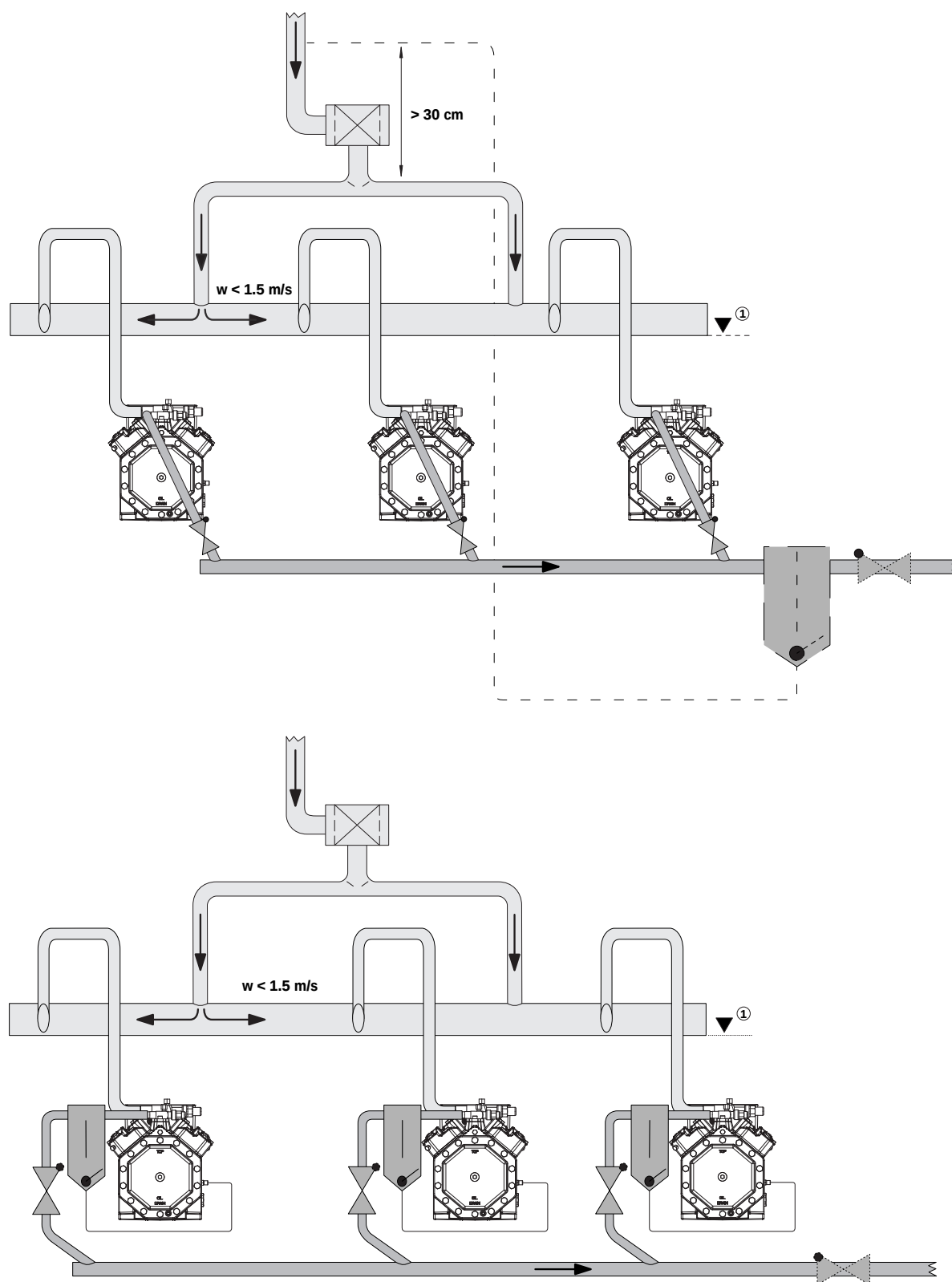


Рис. 9: Параллельное соединение поршневых компрессоров: Исполнение с оптимизированным коллектором на нагнетании
 ①: можно располагать также и **ниже** уровня компрессоров

Обратные клапаны

Установка обратных клапанов в трубопроводах, ведущих к коллектору, требуется в следующих случаях (см. рисунок 9, Страница 122):

- В случае использования индивидуального маслоотделителя для каждого компрессора – для предотвращения обратной конденсации хладагента в маслоотделителе при отключении компрессора. Располагается в каждом случае после маслоотделителя.
- Если головки цилиндров могут охлаждаться до температуры ниже, чем температура конденсации при простое (*Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*).
- Обратные клапаны устанавливаются при использовании общего маслоотделителя (место установки в направлении конденсатора):
 - Если имеется риск обратной конденсации из конденсатора или ресивера хладагента и
 - В системах с длительными периодами отключения

Обратные клапаны должны подходить для использования в линиях нагнетания – подбор в соответствии со спецификациями производителя. В качестве альтернативы обратным клапанам, можно подогревать маслоотделитель во время периодов простоя компрессоров.

Подбор обратных клапанов для R744 систем с применением FI очень сложен и не рекомендуется, при необходимости проконсультируйтесь с Bitzer.

Маслоотделитель и возврат масла

При условии обеспечения достаточных скоростей потока, маслоотделители не обязательны даже при параллельном соединении. Однако обычно рекомендуется их устанавливать в системах с большим диапазоном изменения нагрузки, а также в низкотемпературных применениях, где скорость циркуляции может изменяться значительно. В зависимости от требований могут использоваться либо индивидуальные маслоотделители (для каждого компрессора) или один общий.

При выборе маслоотделителя необходимо учитывать весь диапазон производительности, включая периоды работы с повышенными температурами испарения (особо тяжелые условия). Особо внимательно следует подходить к проектированию систем с общим маслоотделителем.

- Возврат масла из **общего** маслоотделителя: непосредственно в линию всасывания, идущую от системы – на расстоянии не менее 300 мм до коллектора или "Y-joint" (Тройника).
- Возврат масла из **индивидуальных маслоотделителей**: непосредственно в присоединение для возврата масла в картере или в линию всасывания соответствующего компрессора

5.3 Параллельное соединение с регуляторами уровня масла

Регуляторы уровня масла (с маслоотделителем и масляным резервуаром) универсальны. Им следует отдать предпочтение в следующих применениях:

- Параллельное соединение > 3 компрессоров
- Компрессоры разной производительности и / или с регулированием производительности (включая компрессоры с регулируемой скоростью)
- Параллельное соединение компрессоров, работающих при разном давлении всасывания
- Системы, имеющие тенденцию с миграцией большого объема масла на сторону низкого давления (например, низкая скорость хладагента при частичной нагрузке; критический предел зависит от условий эксплуатации и хладагента)
- Разветвленные системы с длинными линиями и значительным объемом хладагента
- Компрессоры разной производительности и / или с разными системами смазки (масляный диск / масляный насос)
- R744 компрессоры (суб- и транскритические применения, системы с параллельным сжатием)

Уровень масла в компрессоре активно контролируется и пополняется при необходимости. Имеются разные конструкции:

- Механические регуляторы уровня масла с комбинацией поплавка с клапаном

- Электронные регуляторы уровня масла с поплавком или сенсором (например: *Регулятор уровня масла OLM-IQ*). Подача масла контролируется косвенно через встроенный или внешний соленоидный клапан. Этот вариант одновременно позволяет контролировать минимальный уровень масла, поэтому ему следует отдать предпочтение.

Регуляторы уровня масла монтируются вместе с соответствующими адаптерами непосредственно на присоединение смотрового стекла; при этом имеющееся смотровое стекло удаляется (*Параллельное соединение с регуляторами уровня масла*).

Общие требования и рекомендации

Для систем, оснащенных регуляторами уровня масла, требуется маслоотделитель, обеспечивающий распределение масла. Как правило, используется общий маслоотделитель (*Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*).

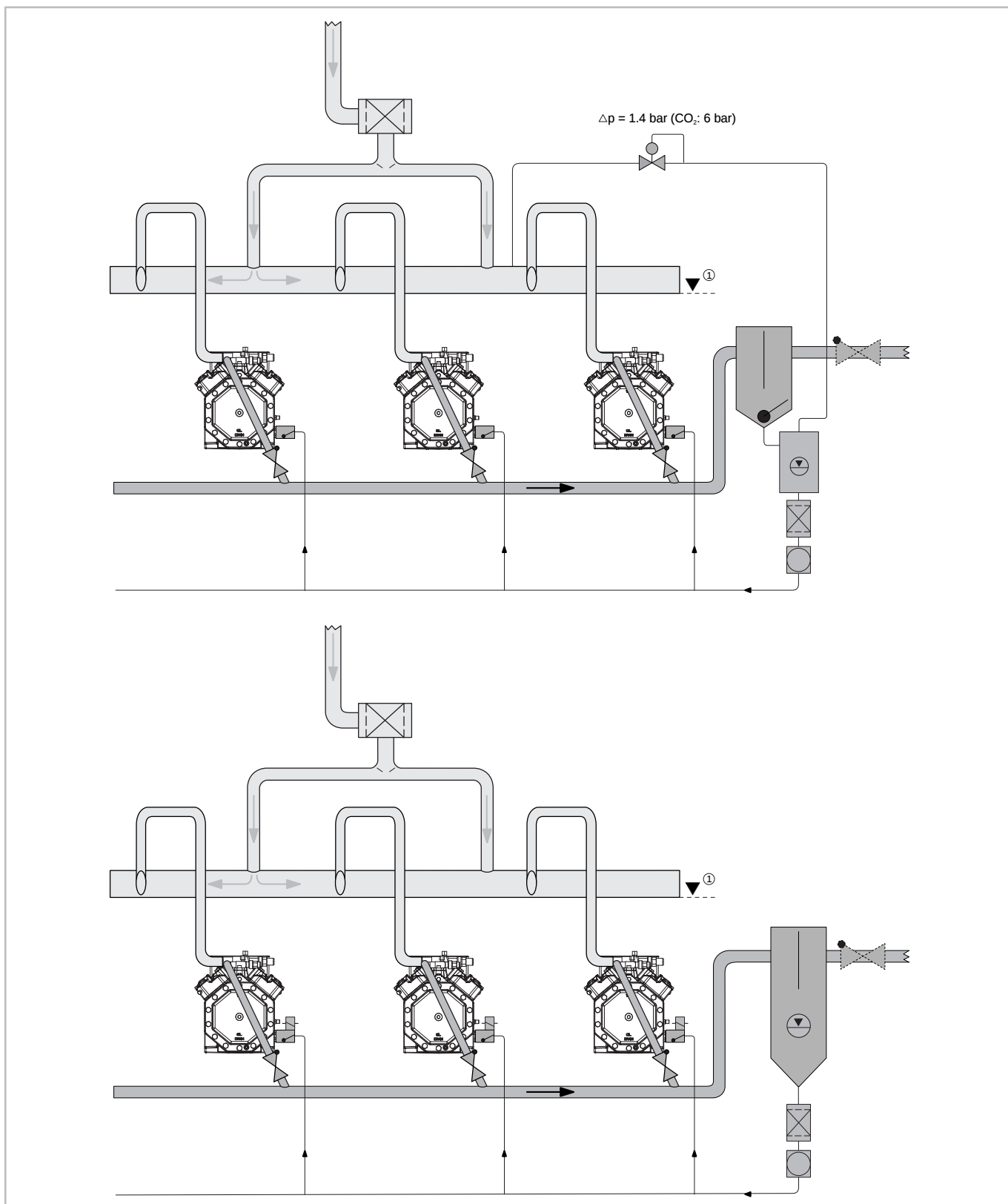


Рис. 10: Параллельное соединение поршневых компрессоров: Исполнение с регуляторами уровня масла

①: можно располагать также и **ниже** уровня компрессоров

Масло к компрессорам (регуляторам) подается из масляного ресивера. Он должен иметь минимальный объем для компенсации колебаний масляного баланса (исполнение по спецификации производителя). Предлагаются два варианта:

Ресивер низкого давления в качестве отдельного сосуда (*см. рисунок 10, Страница 125, сверху*)

- Масло из маслоотделителя подается в ресивер под высоким давлением. Там происходит контролируемое снижение давления через линию сброса в коллектор на всасывании. Дифференциальный клапан (1,4 bar) в соединительной линии обеспечивает достаточное давление перед регулятором уровня масла для "стандартных хладагентов".
- В двухступенчатых компрессорах картеры находятся под промежуточным давлением. Поэтому линия сброса давления должна подводиться к трубопроводу соединяющим присоединение на торцевой крышке корпуса со стороны мотора с нагнетанием первой ступени (см. габаритные чертежи в Инструкции по эксплуатации *KB-150* или Bitzer Software) – уровень соединительной линии ниже позиции присоединения.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Механические регуляторы уровня масла подходят только для относительно небольших перепадов давления!

Выберите исполнение для рабочего давления не менее 6,5 bar.

- Системы для **транскритической работы с R744** требуют маслоотделителей с коалесцентными фильтрующими элементами. Маслоотделители не должны иметь поплавкового клапана. При необходимости (электронный/ оптический) контроль уровня в маслоотделителе открывает соленойдный клапан на линии идущий в масляный ресивер. Объем масляного ресивера должен быть в два раза больше, чем весь объем масла компрессоров. Давление в масляном ресивере должно превышать максимальное давление всасывания в системе, чтобы масло могло подаваться обратно в компрессоры. Таким образом, линия сброса давления направляется в соответствующую линию всасывания.

В системах с параллельным сжатием сброс давления всегда происходит до уровня промежуточного давления, а не, например, до уровня давления всасывания компрессоров для среднетемпературного применения. В линии сброса давления желательно использовать нагнетательные газовые клапаны. Требуемый перепад давления зависит от граничных условий, обычно требуется перепад давления от 2,5 до 4,5 bar.

В так называемых бустер системах компрессоры низкого давления снабжаются маслом из общего масляного ресивера. Это может приводить к тому, что давление перед регулятором уровня масла будет явно выше значений, разрешенных для механических регуляторов. По этой причине, как правило, следует использовать только электронные регуляторы уровня масла, оснащенные встроенными соленойдными клапанами, которые подходят для R744 систем с высоким перепадом давления.

Для конфигурации масляной системы необходимо соблюдать и согласовывать между собой следующие пункты:

- Сечение сопла регулятора уровня масла, используемого на соответствующей ступени компрессора
- Время открытия используемых регуляторов уровня масла, для пополнения масла
- Предусмотренный объем масла в масляном ресивере
- Номинальный максимальный перепад давления в масляном ресивере
- Длина и сечение масляных линий от масляного ресивера до регуляторов уровня масла

Масляный ресивер высокого давления в качестве дополнительного резервуара для масла в нижней части маслоотделителя (*см. рисунок 10, Страница 125, снизу*)

- В данном случае маслоотделитель имеет исполнение без поплавкового клапана, а масляная линия ведет непосредственно к регуляторам уровня масла.
- Для этих систем подходят только электронные регуляторы уровня масла со встроенными соленойдными клапанами. Они должны быть пригодны для работы при полном перепаде давления. Форсунки, используемые для ограничения потока масла, регулируются в зависимости от разницы давления в соответствии со спецификациями производителя. Это чрезвычайно важно, так как значительный объем хладагента растворен в масле, из-за высокого давления на входе. Если впоследствии давление снизится до уровня давления в картере, хладагент снова станет газообразным. Если постоянная скорость пополнения слишком высока, произойдет сильное пенообразование, что приведет к гидроударам, повышенному уносу масла, недостаточному контролю уровня масла и отсутствию масла.

Подбор регуляторов уровня масла и аксессуаров

Объем маслосборника должен быть достаточно большим, чтобы компенсировать различную скорость циркуляции масла в системе (например, повышенный возврат масла из испарителей после оттайки). Регуляторы уровня масла, маслосборники, клапаны дифференциального давления, масляные фильтры (на линии подачи к регуляторам), маслоотделители и обратные клапаны должны быть спроектированы в соответствии со спецификациями производителя. Кроме того, информация, указанная выше, распространяется на обратные клапаны и маслоотделители (*Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*, *Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*).

Большинство поршневых компрессоров BITZER имеют резьбовое смотровое стекло с присоединением UNEF 1 1/8-18, подробно см. в инструкции по эксплуатации соответствующего компрессора. Адаптеры для монтажа регуляторов уровня масла поставляются соответствующими производителями.

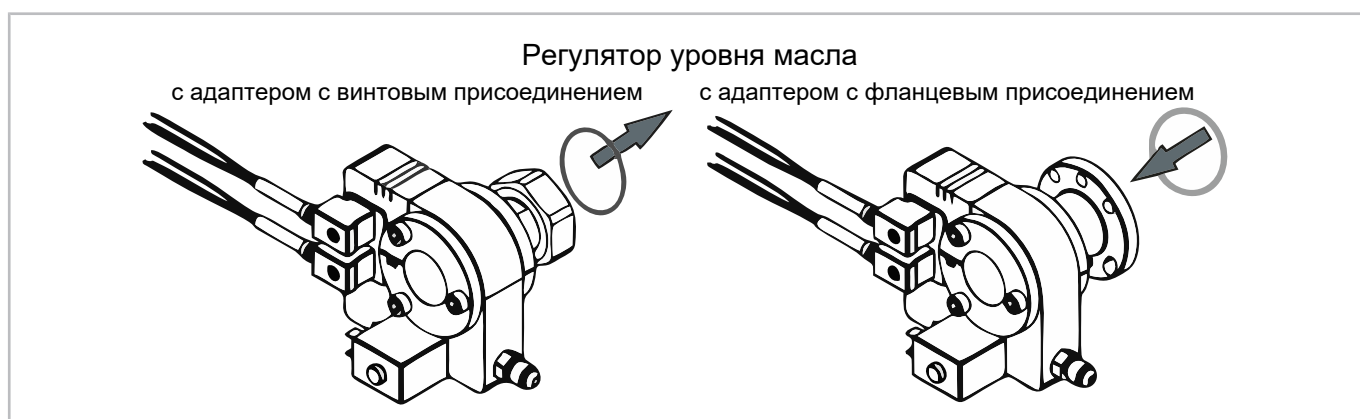


Рис. 11: Примеры регуляторов уровня масла для резьбовых и фланцевых присоединений (источник: Armaturenwerk Altenburg, AWA)

Коллекторы на всасывании и на нагнетании для использования с регуляторами уровня масла

Коллекторы и трубопроводы могут быть выполнены в соответствии с вариантами, показанными выше (*Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*, *Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*). Однако к коллекторам на всасывании предъявляются более низкие требования к общей симметрии и скорости газа: возможен вход всасываемого газа сбоку, и несколько групп линий всасывания могут работать параллельно (например, с разным давлением всасывания). В этом случае для «стандартных хладагентов» рекомендуется система с масляным ресивером высокого давления, чтобы гарантировать достаточное давление масла на входе в регуляторы при любых условиях эксплуатации. При этом, трубопроводы, идущие к компрессорам, должны соответствовать рекомендуемой конструкции.



УВЕДОМЛЕНИЕ

Опасность гидравлического удара!

При параллельном соединении с регуляторами уровня масла соблюдайте рекомендуемую планировку трубопроводов!

Монтируйте таким образом, чтобы масло или конденсат хладагента (из коллектора) не могли стекать обратно в компрессор при простое.

Как правило, коллекторы на нагнетании и обратные клапаны должны соответствовать указанным выше критериям (*Параллельное соединение с оптимизированным коллектором на всасывании*).

5.3.1 Регулятор уровня масла OLM-IQ

С помощью OLM-IQ, BITZER предлагает собственный электронный регулятор уровня масла. Он монтируется на присоединении смотрового стекла с помощью адаптера. Исполнительный механизм-датчик OLM-IQ можно приобрести в качестве аксессуара к компрессорному модулю CM-RC (устанавливается на заводе или доустанавливается на месте). Он обеспечивает стабильный уровень масла посредством непрерывного

измерения уровня масла, дозированного возврата масла и адаптации к давлению подачи масла. Логика работы, включая связь с контроллером системы и журнал данных, полностью интегрирована в CM-RC (CM-RC-01 или CM-RC-02 с платами расширения CM-IO-A или CM-IO-B).

OLM-IQ доступен для ECOLINE и ECOLINE тандем компрессоров для стандартных хладагентов и R744:

- OLM-IQ1: Конструкция для стандартных компрессоров
- OLM-IQ2: Конструкция для R744 применений с перепадом давления масла до 100 bar
- OLM-IQ3: Конструкция для R744 применений с перепадом давления масла до 40 bar

Подробную информацию по CM-RC см. в технической информации:

- [KT-230](#): Техническая информация Модуль компрессора CM-RC-01 для поршневых компрессоров
- [KT-240](#): Техническая информация Модуль компрессора CM-RC-02 для поршневых компрессоров
- [KT-241](#): Техническая информация Плата расширения CM-IO-A для CM-RC-02
- [KT-242](#): Техническая информация Плата расширения CM-IO-B для CM-RC-02



Рис. 12: Пример оснащения 8-ми цилиндрического компрессора с компрессорным модулем CM-RC-02, датчиком температуры нагнетаемого газа, датчиками давления, подогревателем масла, регулятором производительности CRII, реле давления масла и регулятором уровня масла OLM-IQ.

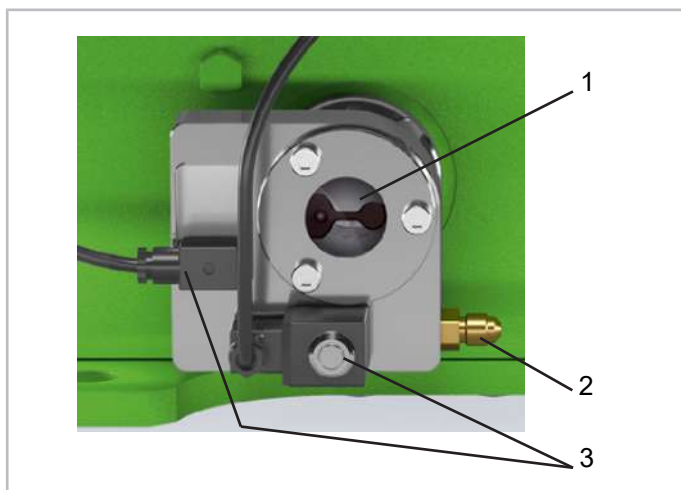


Рис. 13: Исполнительный механизм-датчик OLM-IQ
 1: Датчик уровня масла в смотровом стекле
 2: Присоединение масла 7/16-20 UNF
 3: Кабель передачи данных и источник питания в корпусе IP65.



Рис. 14: Регулятор уровня масла OLM-IQ2 (арт. 347 334 13) на компрессоре (пример)

6 Другие компоненты системы охлаждения

Фильтр на стороне всасывания

В системах с разветвленными трубопроводами, имеющих много паяных или сварных соединений, часто невозможно полностью избежать образования нагара и других загрязнений. Поэтому настоятельно рекомендуется установка фильтра на стороне всасывания со сменными вставками. Фильтрующие элементы остаются в системе временно, для сбора отделенных примесей. При необходимости (например, при повреждении мотора) можно также использовать антикислотные фильтры.

Монтажное положение **перед** коллектором на всасывании.

Отделители жидкости на всасывании

Любой отделитель жидкости, который может потребоваться, подбирается с учетом максимальной и минимальной производительности, указанной производителем. Однако, в частности, в низкотемпературных при-

менениях, диапазон производительности относительно сильно ограничен в отношении потерь давления и возврата масла. При необходимости рекомендуется установить несколько отделителей жидкости, распределенных по индивидуальным секциям. При серийном применении целесообразно спроектировать коллектор на всасывании в качестве отделителя жидкости. В большинстве случаев установки специального отделителя жидкости можно избежать путем соответствующего проектирования и управления системой. Исключением являются системы с реверсивным циклом или когда существует опасность прерывистого возврата хладагента или масла. При этом, в частности, необходимо учитывать планировку трубопроводов для непрерывного возврата масла и задержки времени при размораживании отдельных испарителей.

Конденсаторы, предконденсаторы, ресиверы жидкости

Для равномерного распределения и оптимального использования конденсатора следует использовать только один общий теплообменник. При параллельном подключении ресиверов жидкости, предконденсаторов и водяных конденсаторов, необходимо выполнить присоединение по жидкости и по газу для каждого из них.

Из-за широкого диапазона производительности и сезонных температур окружающей среды требуется регулятор давления конденсации. Это в значительной степени позволит избежать значительных колебаний температуры конденсации и, как следствие, влияния на температуру испарения. При регулировании давления также следует учитывать следующие аспекты:

- Ограничение минимально возможной температуры конденсации в соответствии с областью применения компрессоров.
- «Интеллектуальное» регулирование температуры конденсации (в зависимости от нагрузки и температуры приточного воздуха) за счет переменного расхода воздуха вентиляторами конденсатора. Для наилучшего возможного холодильного коэффициента (COP) алгоритм регулирования должен гарантировать оптимальный баланс между потребляемой мощностью компрессоров и вентиляторов при любых условиях.

Если для рекуперации тепла используется предконденсатор, помимо его производительности необходимо также учитывать присоединения на стороне хладагента, при этом сечение трубопровода должно соответствовать общей производительности. Предконденсатор можно устанавливать только между маслоотделителем и конденсатором. При попеременном использовании в качестве предконденсатора и конденсатора, могут потребоваться дополнительные меры, чтобы избежать гидравлических ударов на стороне нагнетания и миграции хладагента.

Испарители

В зависимости от типа многокомпрессорной системы будут использоваться либо индивидуальные испарители, либо большее количество испарителей. Из-за большого диапазона производительности, особенно для индивидуальных испарителей, может потребоваться несколько контуров хладагента, управляемых соленоидными клапанами, каждому из которых соответствует отдельный расширительный клапан. Для защиты от больших выбросов жидкости во время пуска, линия всасываемого газа должна иметь восходящий участок непосредственно после испарителя (лебединая шея).

При наличии системы вакуумирования эту меру можно не применять.

7 Устройства защиты и система управления

Устройства защиты

Каждый отдельный компрессор должен быть защищен реле давления, чтобы предотвратить превышение макс. допустимого давления, а также устройством защиты, датчиками уровня и давления масла. В частности, при работе с высокой тепловой нагрузкой (см. область применения) дополнительно рекомендуется датчик температуры нагнетаемого газа (опция). В качестве защиты от повышенного растворения хладагента в масле во время простоя, для обычных применений требуется подогреватель масла (опция). Использование термостата совместно с подогревателем масла позволяет значительно снизить потребление энергии.

Модуль компрессора BITZER CM-RC (CM-RC-01 или CM-RC-02 с платами расширения CM-IO-A или CM-IO-B) позволяет надежно защитить компрессор и интегрировать множество функций, а также упростить эл. монтаж. Защитные и рабочие интегрированные функции:

- Активация дополнительного вентилятора, впрыска хладагента, подогревателя масла, разгрузки при пуске, времени переключения контакторов компрессора при запуске
- Активация регуляторов производительности для изменения холодо- или теплопроизводительности в соответствии с фактической потребностью (через Modbus или сигнал с установочным значением) — таким образом гарантируется максимальная отдача и эффективность компрессора
- Активный мониторинг рабочих параметров (области применения)
- Коммуникация через BEST SOFTWARE: Обратная связь по работе компрессора
- Связь с контроллером системы
- Регулирование OLM-IQ (*Регулятор уровня масла OLM-IQ*)

Подробная информация, информация по монтажу и информация по эл. подключению CM-RC:

- KT-230: Техническая информация Модуль компрессора CM-RC-01 для поршневых компрессоров
- KT-240: Техническая информация Модуль компрессора CM-RC-02 для поршневых компрессоров
- KT-241: Техническая информация Плата расширения CM-IO-A для CM-RC-02
- KT-242: Техническая информация Плата расширения CM-IO-B для CM-RC-02

Для защиты всей системы от превышения давления необходимо соблюдать требования стандартных правил и стандартов безопасности (например, EN378, ISO5149). Для контроля минимально допустимого давления всасывания обычно достаточно обычного ограничителя низкого давления, настроенного на более низкий уровень давления, чем регулятор давления всасывания. Данный ограничитель служит только в качестве защиты от возможного сбоя или сбоя в системе управления.

Информация по устройствам защиты компрессора:

- CT-120: Устройства защиты для компрессоров BITZER

Информация по контролю давления масла:

- AT-170: Контроль масла для продукции BITZER - обзор

Система управления

Многокомпрессорная система управляется либо в зависимости от давления всасывания, либо в зависимости от заданной температуры процесса. В системах с относительно большим количеством испарителей обычно используется регулирование по давлению всасывания, и его адаптация к требуемому значению. Для данного регулирования производители контроллеров предлагают широкий ассортимент продукции. Алгоритм управления должен гарантировать, по крайней мере, следующее:

- Пуск и останов отдельных компрессоров в зависимости от нагрузки и регулирование их производительности (плавное механическое регулирование или преобразователь частоты) в зависимости от заданного давления всасывания (с минимальной дельтой). При этом следует учитывать критерии проектирования, описанные выше (*Подбор компрессора и аксессуаров*).
- Обеспечьте ограничение по макс. частоте пусков, а также по минимальному времени работы компрессоров. Это возможно реализовать, например, за счет ограничения времени от пуска до пуска, а также минимального времени работы, обеспечиваемого алгоритмом управления. Данные задержки не будут соблюдаться только во время аварийных остановов.
- Автоматическая смена ведущего компрессора для равномерного распределения часов наработки компрессоров. Это обеспечивает сбалансированную нагрузку и минимальный износ.
- Когда ведущий компрессор выключается контролируемым образом (по минимальному давлению всасывания), вы должны убедиться, что соленойдные клапаны на жидкостной линии или электронные расширительные клапаны активируются только после возможной задержки времени на пуск ведущего компрессора.

сора. Это также верно, когда все компрессоры отключены защитным устройством (например, останов по высокому давлению). Это позволяет избежать залива испарителей жидкостью.

- Регулирование давления всасывания в зависимости от нагрузки, например, автоматическое повышение давления при снижении нагрузки
- Интеллектуальное регулирование температуры конденсации (*Другие компоненты системы охлаждения*)

Работа поршневых компрессоров с преобразователями частоты описана в Технической информации:

- *КТ-420*: Эксплуатация поршневых компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты

8 Монтаж компрессора



ВНИМАНИЕ

Компрессор наполнен защитным газом: Избыточное давление 0.2...0.5 bar азота.
Риск повреждения кожных покровов и глаз.
Сбросьте давление из компрессора!
Оденьте защитные очки!

Жёсткий монтаж на общей раме доказал свое преимущество, однако компрессоры с выравниванием масла и газа и с оптимизированным коллектором на всасывании должны находиться на абсолютно одинаковом уровне. Преимуществом этого типа монтажа является то, что все трубопроводы между компрессорами также могут быть жесткими. Однако следует принять во внимание то, что трубопроводы от компрессора до всасывающего и нагнетательного коллекторов должны быть достаточно гибкими, обеспечивая при этом соответствующую планировку и длину трубопроводов.

В зависимости от требований к уровню шума и/или корпусному шуму, общая рама может устанавливаться на виброопорах.



Информация

Соблюдайте моменты затяжки резьбовых соединений в соответствии с инструкцией по техническому обслуживанию *AW-100*!

9 Ввод в эксплуатацию

Перед вводом в эксплуатацию устройства защиты и система управления должны быть тщательно настроены, а их работа должна быть проверена (*Устройства защиты и система управления*).

Чтобы избежать нестабильной работы системы во время ввода в эксплуатацию, ресивер должен иметь базовый запас хладагента. Далее следует запустить каждый компрессор по отдельности (процедура в соответствии с соответствующей инструкцией по эксплуатации) и немедленно проверить подачу масла (визуальный контроль смотрового стекла компрессора или регулятора уровня масла). Уровень масла необходимо контролировать в течение длительного периода времени при любых условиях эксплуатации и нагрузки. При необходимости следует долить масло (уровень 1/4...3/4 высоты смотрового стекла) и хладагент. В отношении температуры и возврата масла необходимо проверить маслоотделитель (установить смотровое стекло для визуального контроля). Возврат масла должен происходить с перерывами, постоянно перетекающая горячая смесь газа и масла указывает на неисправность. Возможны следующие причины, которые необходимо устранить немедленно:

- Перезаправка системы маслом
- Маслоотделитель слишком мал
- Поплавковый клапан неисправен или загрязнен

**УВЕДОМЛЕНИЕ**

При вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании необходимо дополнительно соблюдать соответствующие инструкции по эксплуатации (*Введение*)!