



BETRIEBSANLEITUNG

OPERATING INSTRUCTIONS

KB-109-2

Halbhermetische Hubkolbenverdichter BITZER ECOLINE

Ex-Schutz-Sonderausführung (Originaltext)

Deutsch 2

Semi-hermetic reciprocating compressor BITZER ECOLINE

in special explosion-proof design (Translation of original text)

English..... 22

2KES(P)-05.EX. ... 2FES(P)-3.EX.

2EES(P)-2.EX. ... 2CES(P)-4.EX.

4FE(P)-3.EX. ... 4BE(P)-9.EX.

4VE(P)-6.EX. ... 4NE(P)-20.EX.

4JE(P)-13.EX. ... 4FE(P)-35.EX.

6JE(P)-22.EX. ... 6FE(P)-50.EX.

8GE(P)-50.EX. ... 8FE(P)-70.EX.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Zusätzlich folgende technische Dokumente beachten	3
2	Sicherheit	3
2.1	Autorisiertes Fachpersonal	3
2.2	Restgefahren und allgemeine Sicherheitshinweise	3
2.3	Sicherheitshinweise speziell für den Einsatz in Zone 1 und 2	3
2.4	Besondere Betriebsbedingungen	4
3	Anwendungsbereiche	4
3.1	Typschild.....	4
3.2	ATEX-Kennzeichnung	5
3.3	Zone bestimmen	5
3.4	Aufstellungsort	5
4	Einsatzgrenzen	6
5	Montage	9
5.1	ATEX-Bauteile	10
5.2	Ölüberwachung.....	13
5.3	Ölheizung.....	14
5.4	Leistungsregelung (CR) und Anlaufentlastung (SU).....	14
5.5	Anschlusskasten	15
6	Elektrischer Anschluss	15
6.1	Anschlusskasten und Kabelverschraubungen	15
6.2	Verdichtermotor	15
6.3	Verdichterschutzgeräte	15
6.4	Hoch- und Niederdruckwächter (HP und LP)	15
6.5	Druckgastemperaturfühler	16
6.6	Erdung	16
6.7	Betrieb mit Frequenzumrichter	16
6.8	Trennbarrieren	17
7	Wartung und Reparatur.....	21
7.1	Datenprotokoll pflegen	21
7.2	Anlage reinigen	21
7.3	Elektrische Bauteile prüfen	21
7.4	Druckgastemperaturfühler und Trennbarrieren prüfen	21

1 Einleitung

Die vorliegende Ergänzung zur Betriebsanleitung KB-100 auf die Besonderheiten des Einsatzes dieser Verdichter in explosionsgefährdeten Bereichen (Verdichter in Ex-Schutz-Sonderausführung). Darüber hinaus gilt auch die Betriebsanleitung KB-100.

Diese Kältemittelverdichter sind zum Einbau in Maschinen entsprechend der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG vorgesehen, die in Bereichen aufgestellt werden, die der EU-Explosionsschutzrichtlinie 2014/34/EU (ATEX 114) unterliegen.

Sie dürfen nur in Betrieb genommen werden, wenn sie gemäß der Standardbetriebsanleitung KB-100 und dieser Ergänzung eingebaut worden sind und als Ganzes mit den entsprechenden gesetzlichen Vorschriften übereinstimmen. Angewandte Normen siehe ATEX-Konformitätserklärung.

Die Verdichter sind speziell für den Einsatz in Zone 1 und 2 (ATEX) entsprechend EU-Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137) ausgeführt und genügen den Anforderungen der ATEX-Kennzeichnung Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIB T3 Gb, bzw. Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb. Sie sind nach dem aktuellen Stand der Technik und entsprechend den geltenden Vorschriften gebaut. Auf die Sicherheit der Anwender wurde besonderer Wert gelegt.

Die Ex-relevanten Informationen (Zonenbereiche, Explosionsgruppe, Temperaturklasse, etc.) müssen vom Betreiber festgelegt und im Explosionsschutzdokument festgehalten werden.

Vor Inbetriebnahme der Anlage muss der Betreiber den fertigen Anlagenaufbau durch eine benannte Stelle bewerten und abnehmen lassen.

Diese Betriebsanleitung, die EU-Konformitätserklärungen (ggf. Baumusterprüfbescheinigungen) und die Herstellerdokumentation der eingesetzten Bauteile während der gesamten Verdichterlebensdauer an der Kälteanlage verfügbar halten.

1.1 Zusätzlich folgende technische Dokumente beachten

- KB-100: Betriebsanleitung Halbhermetische einstufige Hubkolbenverdichter
- KP-100 Prospekt Halbhermetische Hubkolbenverdichter
- KT-420: Externe Frequenzumrichter bei BITZER Hubkolbenverdichtern

siehe www.bitzer.de

- Im Lieferumfang enthaltene Herstellerdokumentation zu den einzelnen Bauteilen

2 Sicherheit

2.1 Autorisiertes Fachpersonal

Sämtliche Arbeiten an Verdichtern und Kälteanlagen dürfen nur ausgeführt werden von qualifiziertem, autorisiertem und speziell auf dem Gebiet des Explosionsschutzes unterwiesenem Fachpersonal. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals (z. B. nach DIN EN60079-14; -17; -19; -25) gelten die jeweils landesüblichen Vorschriften und Richtlinien.

2.2 Restgefahren und allgemeine Sicherheitshinweise

siehe KB-100.

2.3 Sicherheitshinweise speziell für den Einsatz in Zone 1 und 2



GEFAHR

Explosionsgefahr durch heiße Oberflächen!
An keiner Stelle darf eine Oberflächentemperatur von 140°C überschritten werden!



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Funkenbildung!
Zündquellen und offenes Feuer unbedingt vermeiden!
Ausschließlich funkenarme Werkzeuge verwenden!
Mobiltelefone ausschalten!





GEFAHR

Explosionsgefahr durch Staub und Öl!
Verunreinigungen unbedingt vermeiden!
Gesamte Anlage nach Bedarf, aber mindestens halbjährlich, reinigen.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Entladung elektrostatischer Aufladung!
Nur für explosionsfähige Atmosphären geeignete Geräte verwenden und diese entsprechend im betreiberseitigen Explosionsschutzdokument bewerten und festhalten!
Geräte nicht in der Nähe von hochaufladenden Prozessen betreiben (z. B. mechanische Trennprozesse)!
Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung von nichtmetallischen Bauteilen, Werkzeugen, Hilfsmitteln sowie Kleidung treffen!
Z. B. Geeignete, antistatische Kleidung tragen, funkenarme Werkzeuge verwenden, zur Reinigung feuchtes Tuch verwenden, zusätzliche Erdung leitfähiger Teile vornehmen.



Zusätzlich zur EU-Explosionsschutzrichtlinie 2014/34/EU (ATEX 114) und den in der Standard-Betriebsanleitung aufgeführten Sicherheitsvorschriften müssen die spezifischen Vorschriften EN60079, 80079-36, -37, EU-Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137) beachtet werden!

Angewandt wurden folgende Normen:

- EN1127-1
- DIN EN60079-0:2014
- DIN EN60079-7:2015
- DIN EN60079-11:2012
- DIN EN60079-14:2013
- EN ISO80079-36:2016
- DIN EN80079-37:2016

2.4 Besondere Betriebsbedingungen

1. Die Herstellerhinweise aus den separaten Haupt- und ATEX-Betriebsanleitungen sowie die Hinweise aus Betriebsanleitungen der Anbauteile zum sicheren Einbau/Betrieb der Anbauteile in einer explosionsfähigen Atmosphäre müssen eingehalten werden.
2. Der Betreiber muss durch Drucküberwachung sicherstellen, dass der Druck im Kältekreislauf nicht den Umgebungsdruck unterschreitet und Sauerstoff bzw. die explosionsfähige Atmosphäre in das System eindringt. Somit wird die Bildung einer explosi-

onsfähigen Atmosphäre im Inneren des Verdichters verhindert. Bei Unterschreitung des Systemdrucks gegenüber des Umgebungsdruckes muss die Anlage abgeschaltet werden.

3. Die Grenzwertüberwachung des Produktes muss durch den Betreiber erfolgen, z. B. durch ein Prozessleitsystem.
4. Die Ölheizung ist mit einer Verschraubung gegen Herausziehen zu sichern.
5. Die Ölheizung mit ausreichend Wärmeleitpaste in die Tauchhülse einführen, um eine optimale Wärmeleitung zu ermöglichen.
6. Ein Öffnen des Verdichters ist nur im Stillstand und nach erfolgter Freimessung, wenn keine explosionsfähige Atmosphäre vorliegt, erlaubt. Es sind die entsprechenden Hinweise aus der Betriebsanleitung zu beachten.
7. Für die Baureihen 2KES(P)-05.EX. .. 2FES(P)-3.EX., 2EES(P)-2.EX. .. 2CES(P)-4.EX. , 4VE(P)-6.EX. .. 4NE(P)-20.EX., 4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX. und 8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX. mit den Motorcodes 20D (50Hz) und 20P (50Hz) ist die Nennspannung des Motors auf eine Toleranz von -5 / 0% begrenzt.

3 Anwendungsbereiche

siehe KB-100.

3.1 Typschild

Die spezielle Verdichterausführung für den Einsatz in Zone 1 und 2 entsprechend der ATEX-Kennzeichnung Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb, bzw. Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIB T3 Gb ist durch den Zusatz "EX" in der Typenbezeichnung gekennzeichnet.

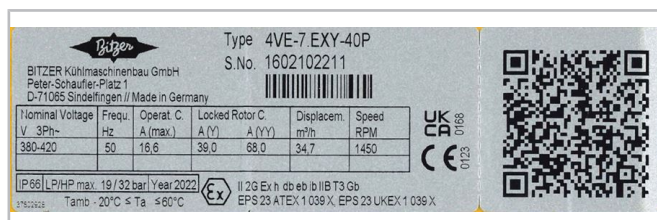


Abb. 1: ATEX-Typschild (Beispiel)

3.2 ATEX-Kennzeichnung

Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb	
Ex	Richtlinie 2014/34/EU
II	Gerätegruppe
2	Gerätekategorie
G	Gas
h	Zündschutzart nichtelektrisches Gerät
db	Zündschutzart druckfeste Kapselung
eb	Zündschutzart erhöhte Sicherheit
ib	Zündschutzart Eigensicherheit
mb	Zündschutzart Vergusskapselung
IIC	Gasgruppe
T3	Temperaturklasse 200°C
Gb	Equipment Protection Level

Für die halbhermetischen Hubkolbenverdichter mit Standardlackierung und Marinelackierung wird folgende Kennzeichnung vergeben:

Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIB T3 Gb

Für die halbhermetischen Hubkolbenverdichter mit ableitfähiger Markierung wird folgende Kennzeichnung vergeben:

Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb

Das Zubehör „Heizung“ und „Magnetspule“ ist optional vorgesehen. Entfällt das Zubehör „Heizung“, wird „db“ für die Zündschutzart „druckfeste Kapselung“ aus den vorgenannten Kennzeichnungsmöglichkeiten entfernt. Entfällt das Zubehör „Magnetspule“, wird „mb“ für die Zündschutzart „Vergusskapselung“ aus den vorgenannten Kennzeichnungsmöglichkeiten entfernt.

3.3 Zone bestimmen

Vor der Montage muss die Zone des explosionsgefährdeten Bereichs durch den Betreiber bestimmt und im Explosionsschutzdokument festgehalten werden. Die Eignung des Geräts für die ermittelte Zone muss festgestellt werden.

3.4 Aufstellungsort

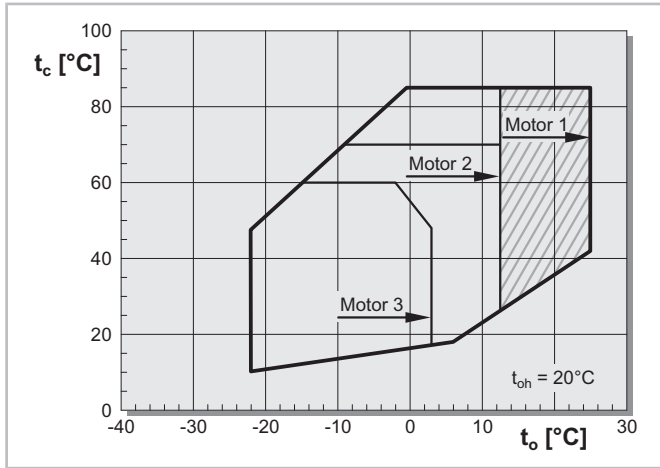
Wenn der Verdichter oder Druckbehälter im Außenbereich aufgestellt ist, müssen geeignete bauliche Maßnahmen ergriffen werden (z.B. Wetterschutz, Blitzableiter), damit die Funktion der Kälteanlage und speziell der Explosionsschutz durch äußere Einflüsse nicht beeinträchtigt wird.

Die Kälteanlage darf nur in einer Temperatur zwischen -20°C und +60°C aufgestellt werden! Die Oberflächentemperatur des Verdichters darf nicht unterhalb des Taupunkts der Umgebung liegen!

4 Einsatzgrenzen

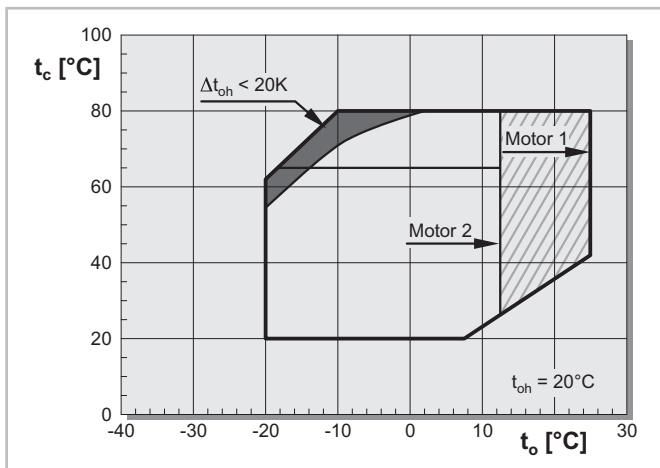
R134a, R1234yf, R450A, R513A ①

2KES-05Y .. 6FE-50Y



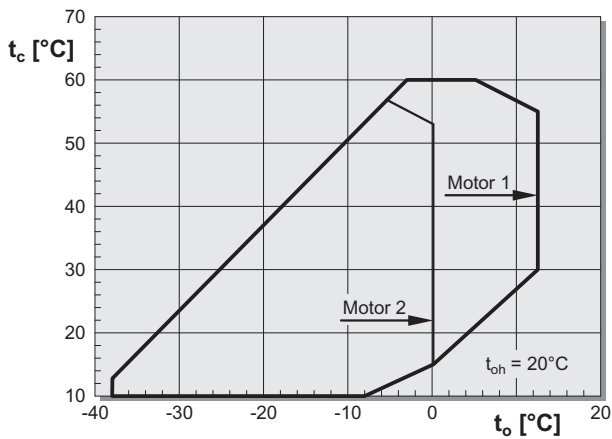
R134a, R1234yf, R450A, R513A ①

8GE-50Y .. 8FE-70Y



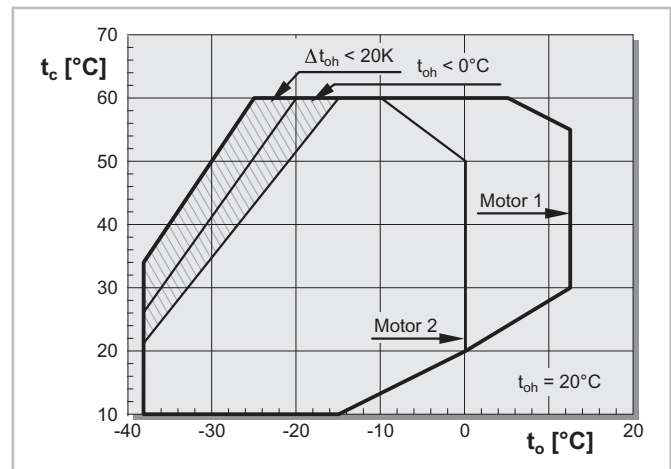
R407A ③

2KES-05Y .. 4CES-9Y



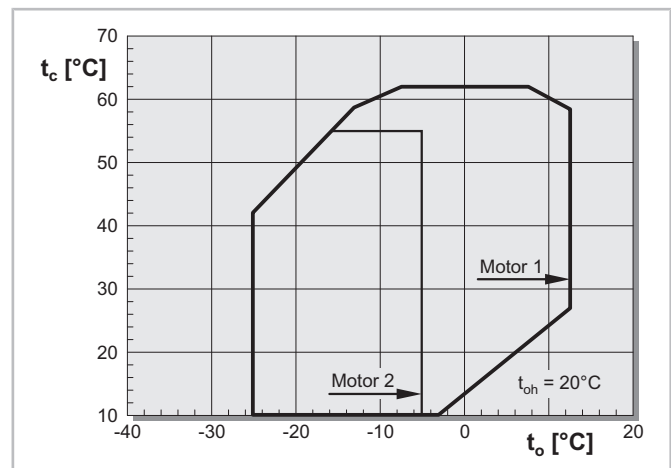
R407A ③

4VES-7YY .. 6FE-50Y



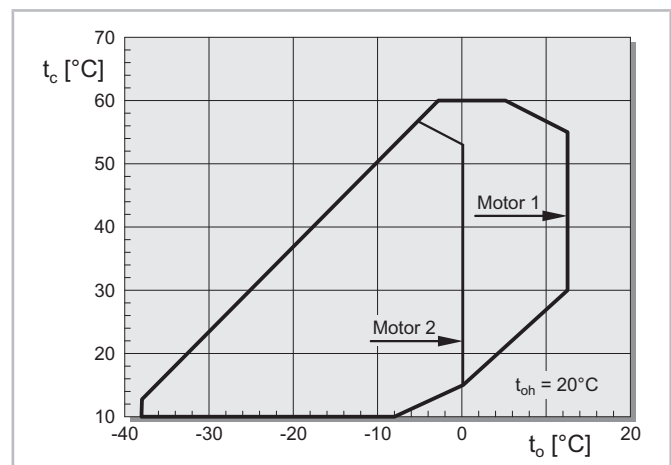
R407C ② ③

2KES-05Y .. 8FE-70Y



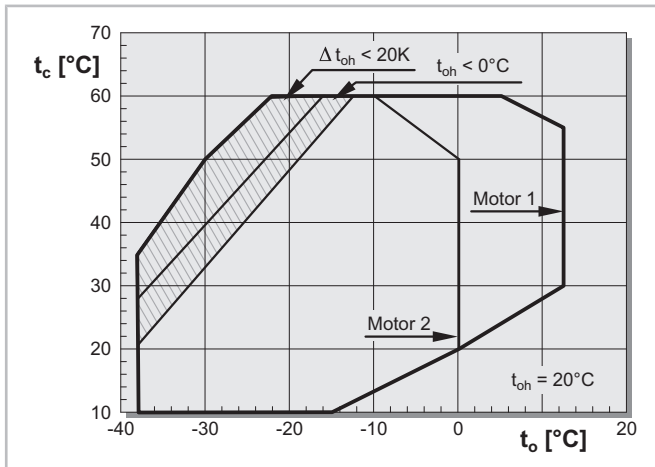
R407F ③

2KES-05Y .. 4CES-9Y



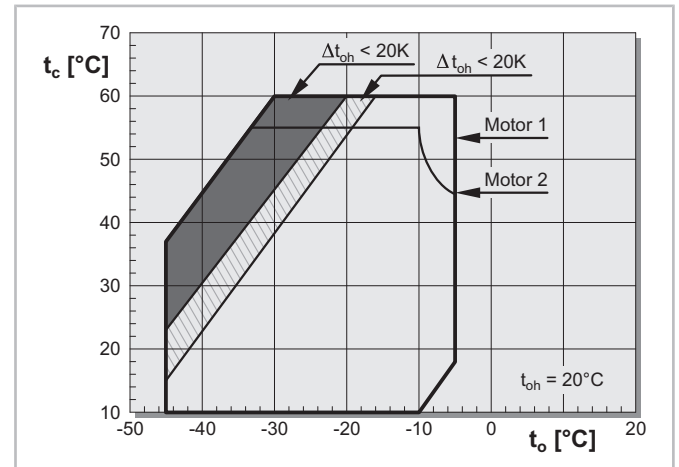
R407F ③

4VES-7Y .. 6FE-50Y



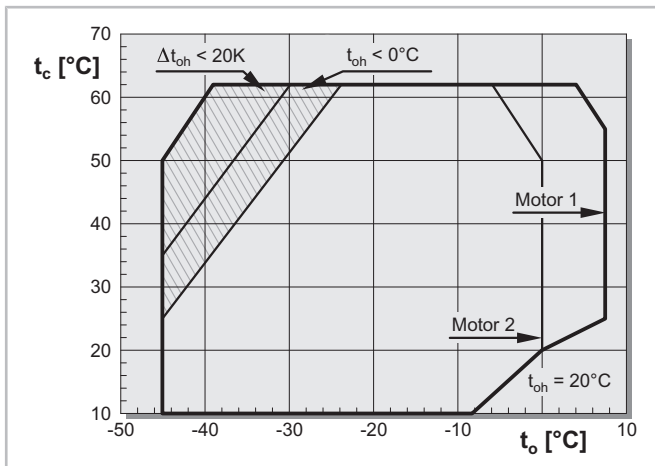
R1270

2KESP-05P .. 6FEP-50P



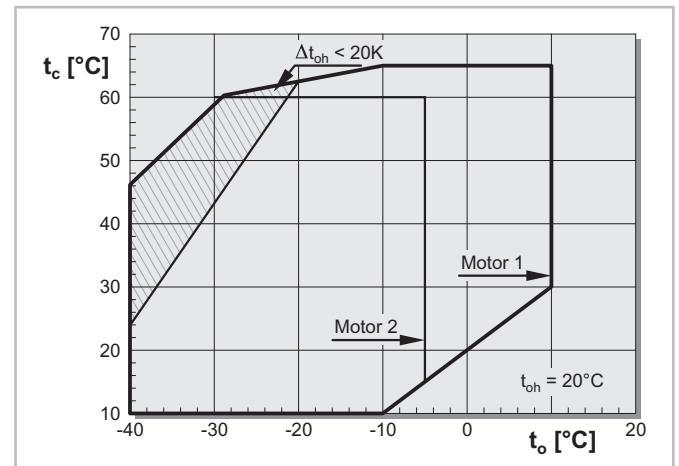
R404A, R507A

2KES-05Y .. 6FE-50Y



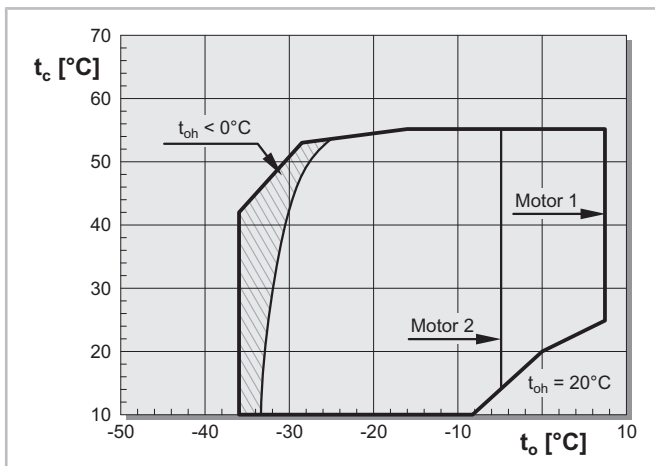
R290

2KESP-05P .. 6FEP-50P



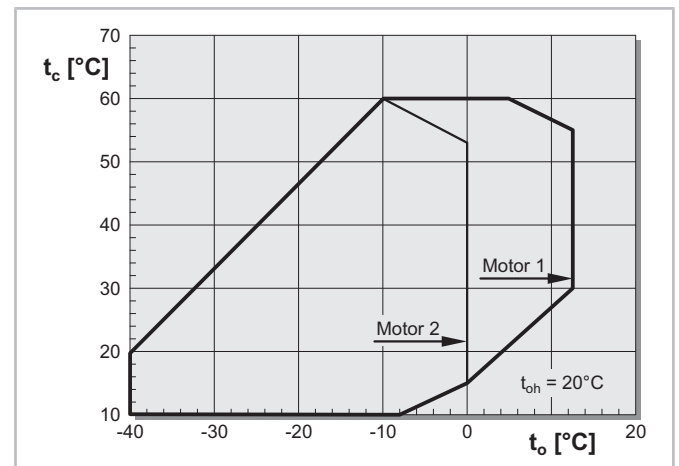
R404A, R507A

8GE-50Y .. 8FE-70Y



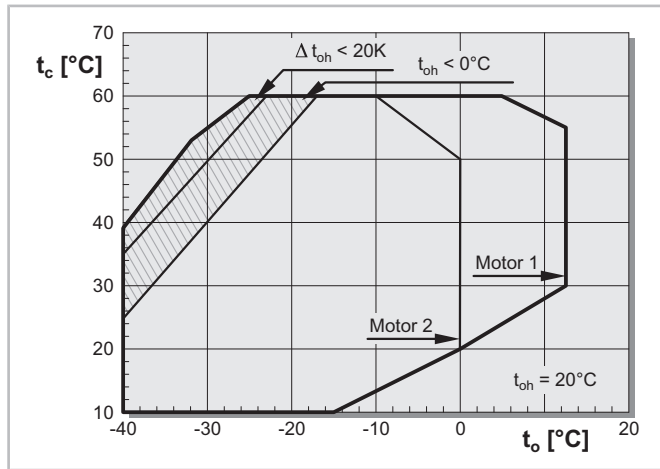
R448, R449

2KES-05Y .. 4CES-9Y



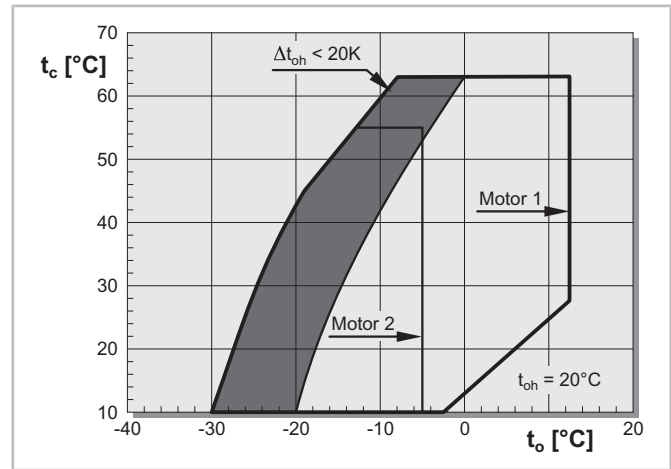
R448, R449

4VES-7Y .. 6FE-50Y



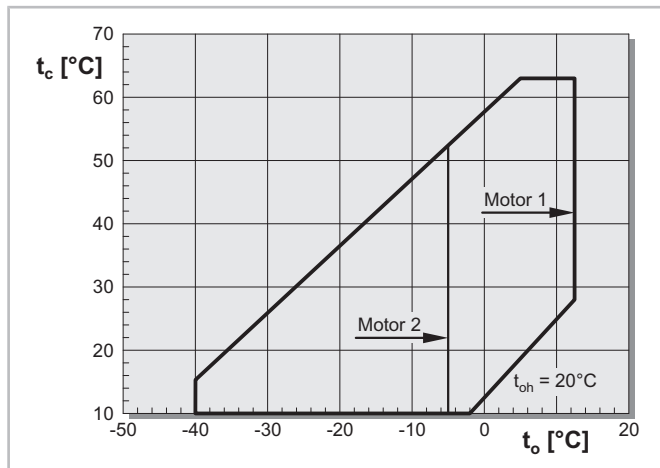
R22

8GE-50 .. 8FE-70



R22

2KES-05 .. 4CES-9



Legende

t_o	Verdampfungstemperatur [°C]
t_{oh}	Sauggastemperatur [°C]
Δt_{oh}	Sauggasüberhitzung [°C]
t_c	Verflüssigungstemperatur [°C]
////	Einschränkung siehe Schaubild
////	Sauggasüberhitzung > 10 K
■	Einschränkung siehe Schaubild

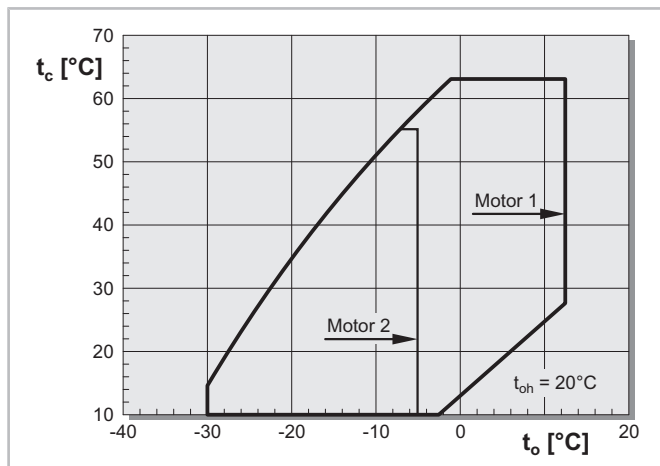
① Mit R134a bei $t_c > 70^\circ\text{C}$ muss Öl BSE55 verwendet werden (anstelle BSE32)

② 8GE-50Y .. 8FE-70Y: minimale Verdampfungstemperatur -20°C

③ Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen beziehen sich auf Taupunktwerte (Sattdampf)

R22

4VES-7 .. 6FE-50



5 Montage

Die Anlage muss entsprechend der Prinzipschaltbilder in dieser Betriebsanleitung aufgebaut sein (siehe Kapitel Trennbarrieren, Seite 17).

Herstellerdokumentation der eingesetzten Bauteile beachten!

Zusätzliche Bauteile (z. B. Verteiler) müssen die Anforderungen der ATEX-Richtlinie (z. B. EU-Baumusterprüfbescheinigung) erfüllen. Bei der Kombination von Bauteilen (z. B. elektrische Anbauteile mit Verdichter) müssen die Einsatzbedingungen der Bauteile beachtet werden. Nur wenn diese eingehalten werden, kann davon ausgegangen werden, dass keine neuen Zünd-

quellen entstehen und die Konformität der Produkte mit der Richtlinie erhalten bleibt.

Zugehörige elektrische Betriebsmittel sind nicht im Lieferumfang enthalten.

Einfache elektrische Betriebsmittel (EEB)

Diese Bauteile benötigen keine EU-Baumusterprüfbescheinigung, müssen jedoch im sicheren Bereich durch Vorschalten eines zugehörigen elektrischen Betriebsmittels (z. B. Trennbarriere) gesichert werden. Diese eigensicheren Schaltkreise sind besonders zu kennzeichnen (z. B. blaues Kabel) und die Kabelverlegung unterliegt besonderen Anforderungen. Ebenso ist die Einhaltung der Eigensicherheit (U, I, L, C) durch den Betreiber nachzuweisen (siehe EN 60079-14).

EEB	im Lieferumfang enthalten	Einstellwert
Motortemperaturfühler (PTC)	ja	fix eingestellter Sensor auf 80-120°C, je nach Motorgröße (Abschaltpunkt des Verdichters)
Druckgastemperaturfühler (PTC)	ja	fix eingestellter Sensor auf 140°C (Abschaltpunkt des Verdichters)
Öldruckschalter INT250 Ex	ja (nur bei Verdichtern mit Ölpumpe (siehe Kapitel Ölüberwachung, Seite 13))	fix eingestellter Sensor auf 0,65 bar (Abschaltpunkt des Verdichters)



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Eintritt von Fremdgas! Bei Betrieb außerhalb der zulässigen Einsatzgrenzen und/oder nicht ausreichender Ölkühlung sowie im Unterdruck kann es zum Eintritt von Fremdgas kommen.



Anlage nicht im Unterdruck und nur innerhalb der zulässigen Einsatzgrenzen betreiben und durch entsprechende Sicherheitseinrichtungen (z. B. Niederdruckwächter) absichern! Ausreichend dimensionierten Wärmetauscher einsetzen!



GEFAHR

Gefahr von Verdichterschaden! Entstehung von Übertemperatur durch geschlossenes Ventil auf der Druckseite. Hochdruckwächter (HP) und Druckgastemperaturfühler installieren und einstellen!



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Schwingungen an Rohrleitungen! Schwingungen an Rohrleitungen können zu erhöhten Oberflächentemperaturen an den Rohren führen. Die Anlage so konzipieren, dass an den Rohrleitungen keine Schwingungen entstehen können!



5.1 ATEX-Bauteile

Anschlusspositionen siehe KB-100.

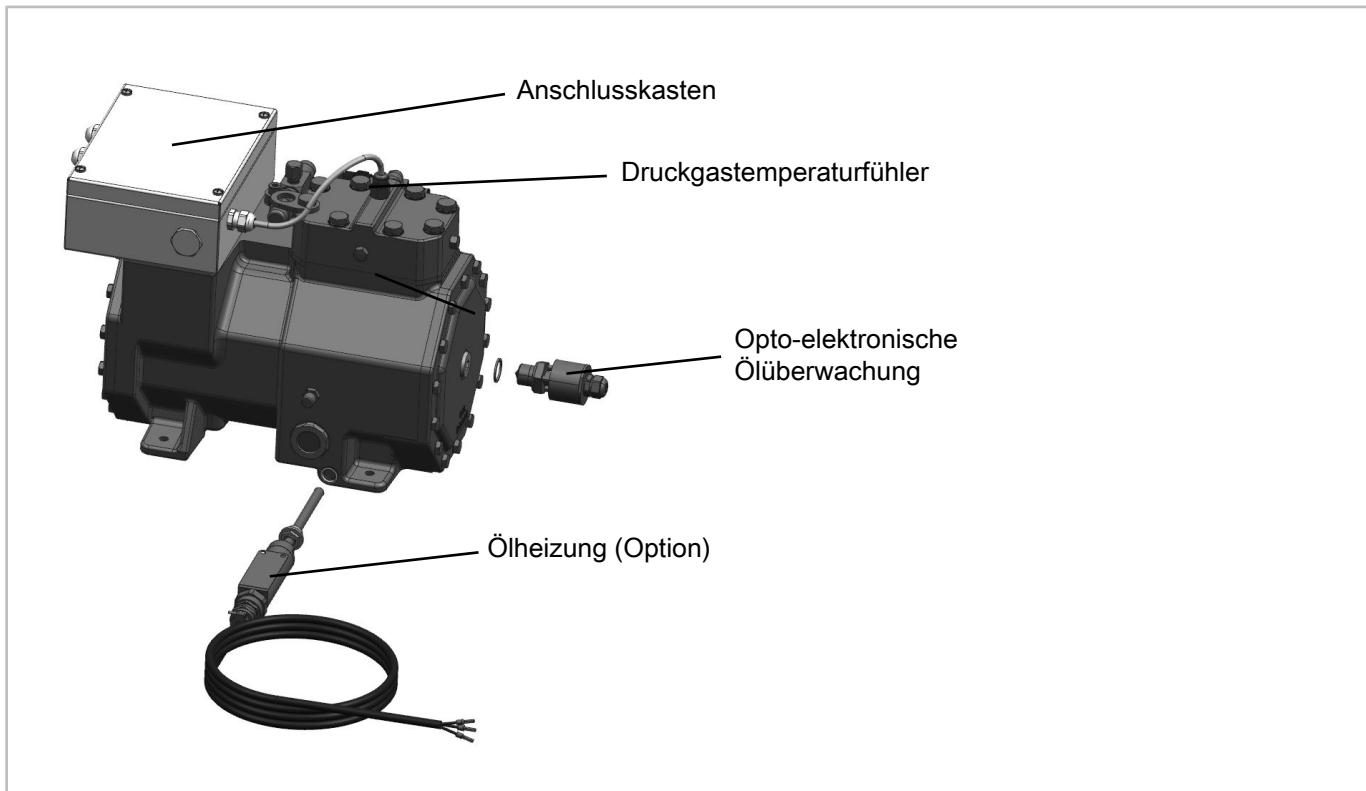


Abb. 2: 2KES(P)-05.EX. ... 2FES(P)-3.EX.

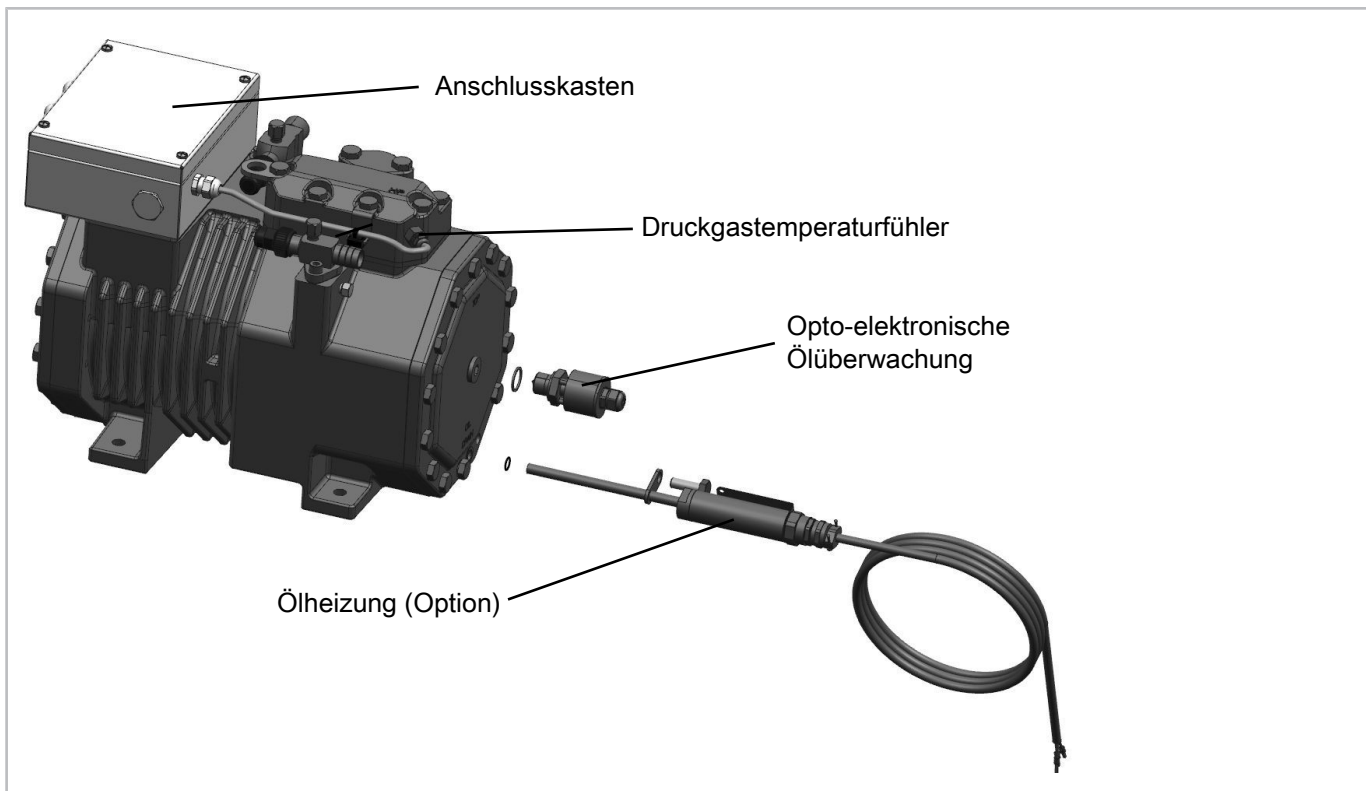


Abb. 3: 2EES(P)-2.EX. ... 2CES(P)-4.EX.

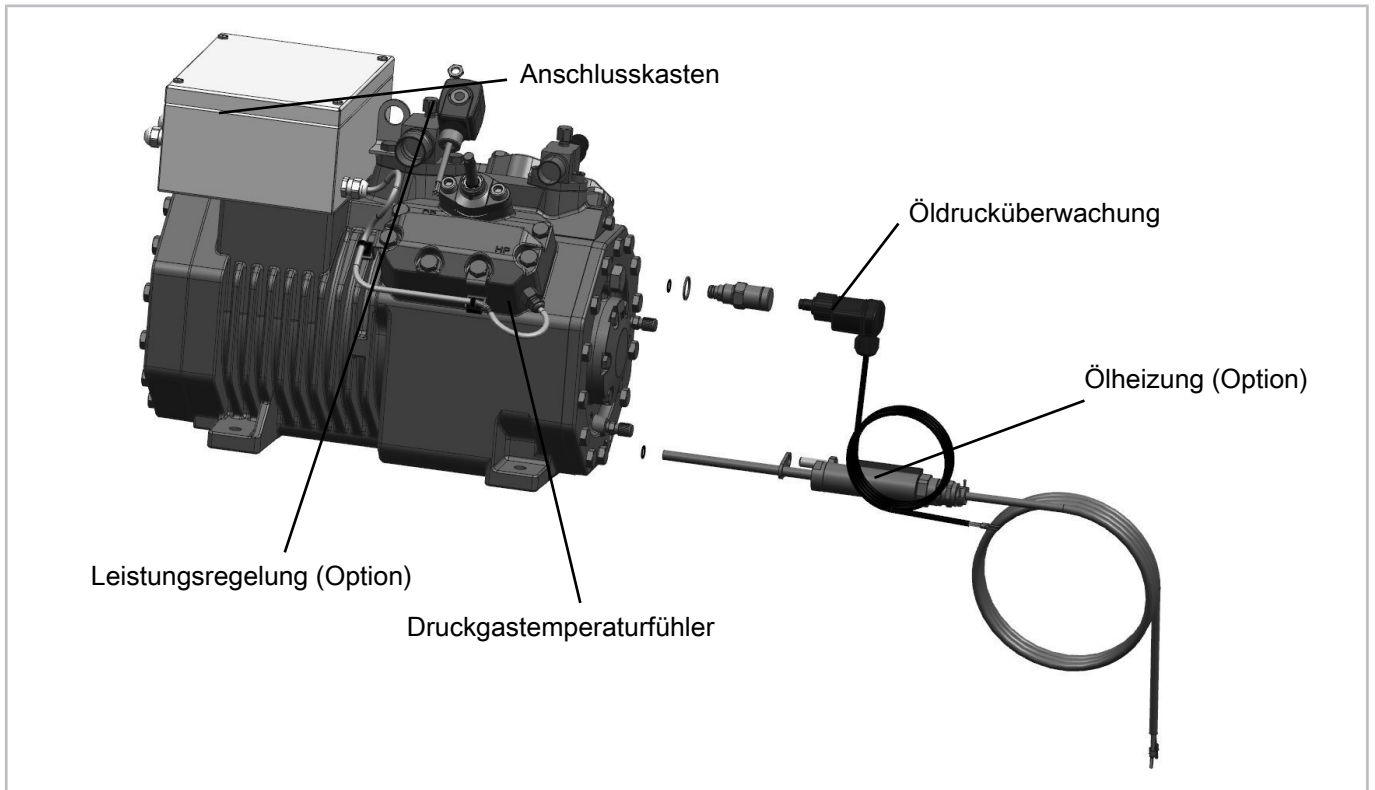


Abb. 4: 4FE(P)-3.EX. ... 4BE(P)-9.EX.

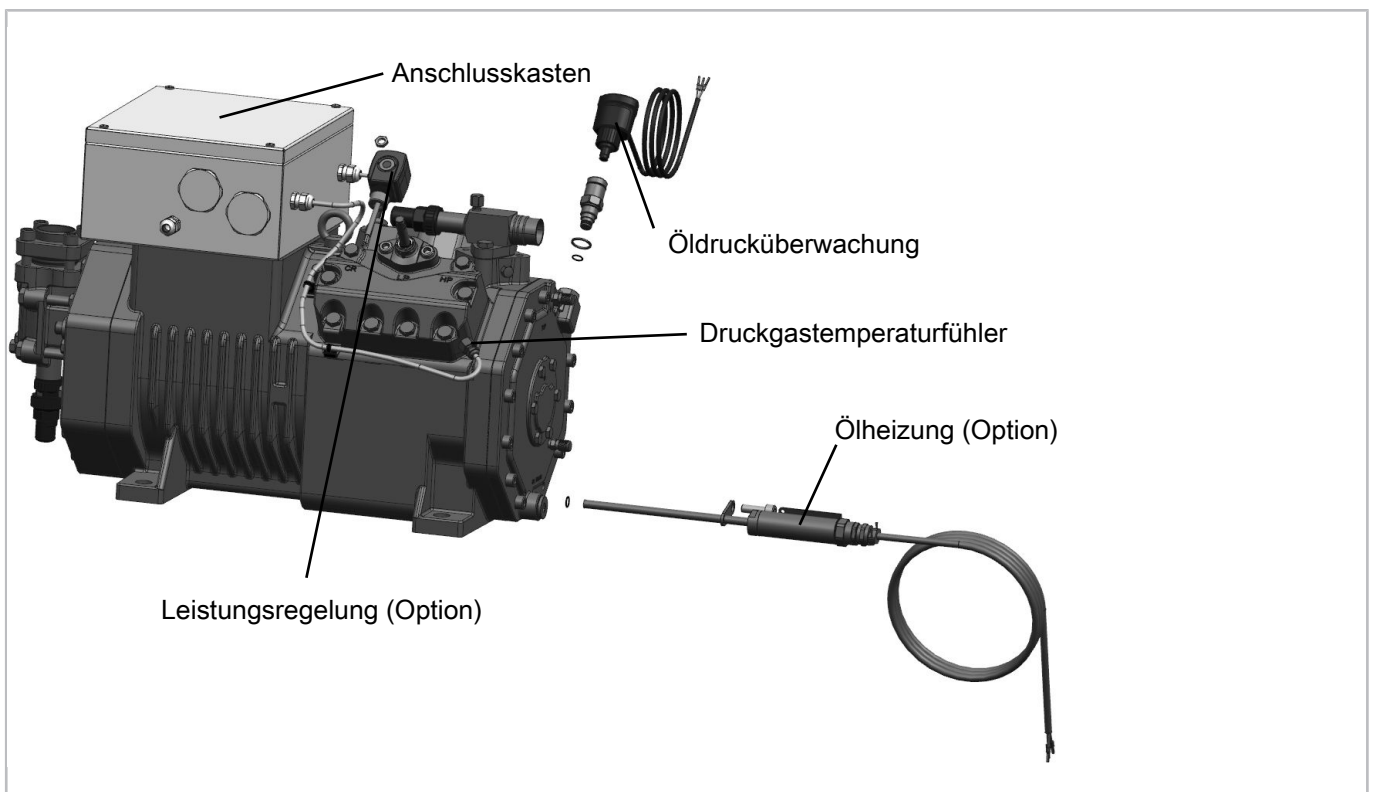


Abb. 5: 4VE(P)-6.EX. ... 4NE(P)-20.EX.

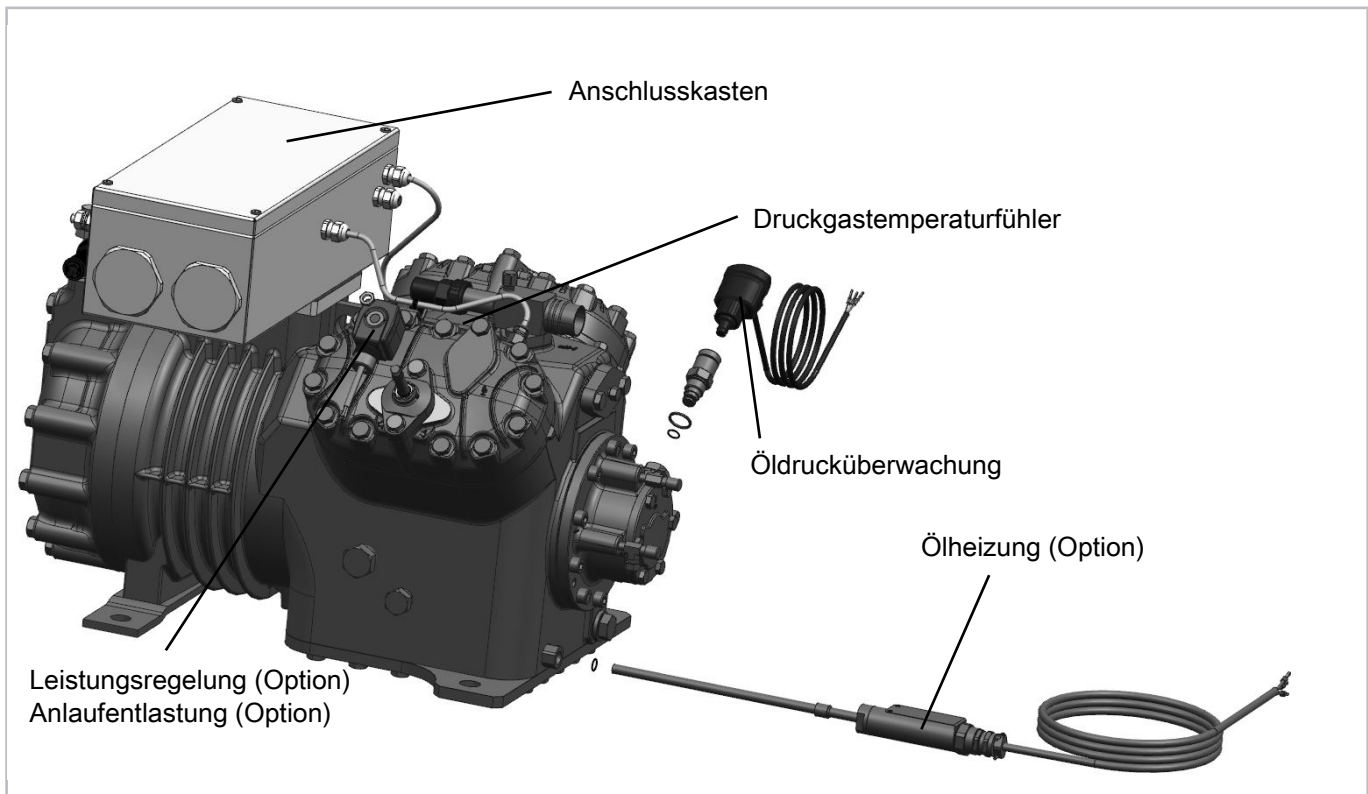


Abb. 6: 4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX.

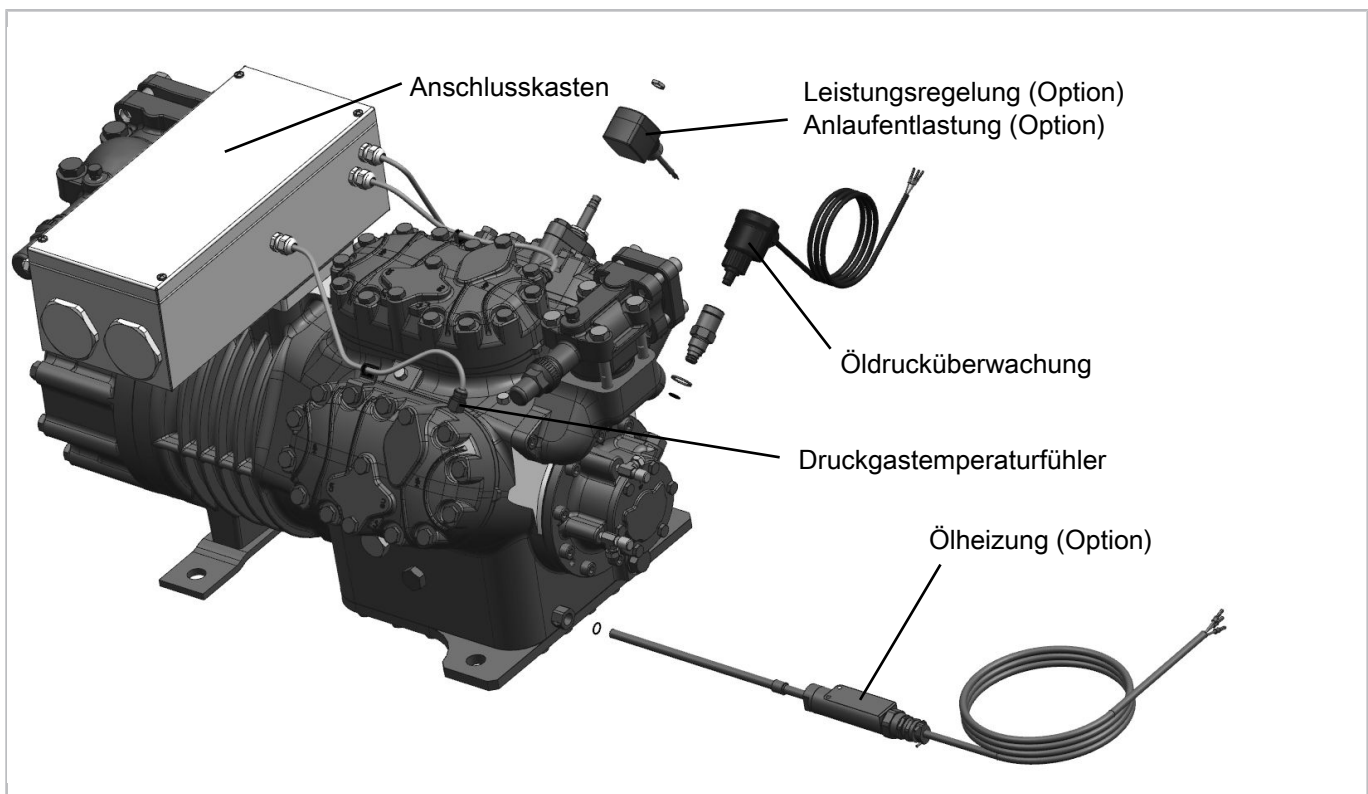


Abb. 7: 6JE(P)-22.EX. .. 6FE(P)-50.EX.

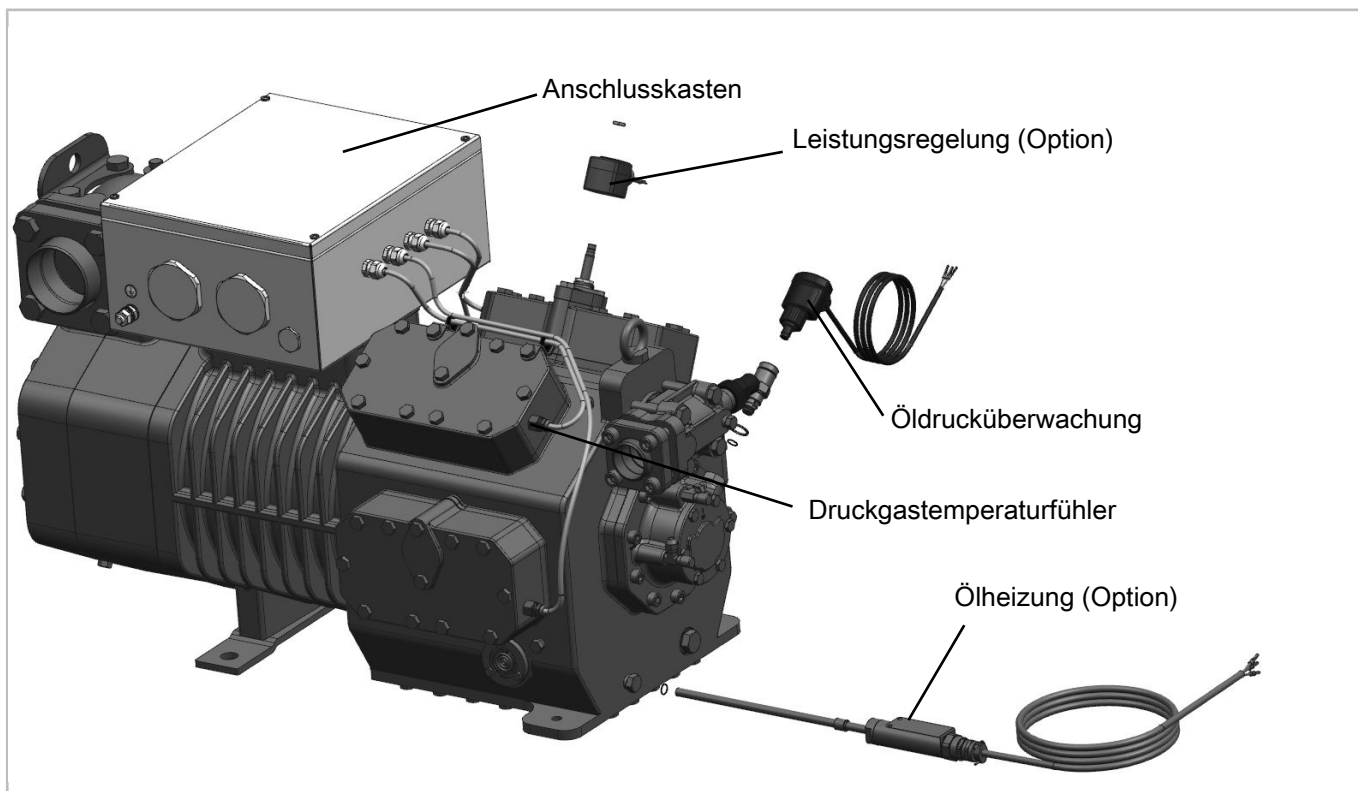


Abb. 8: 8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX.

5.2 Ölüberwachung

Opto-elektronische Ölüberwachung

2KES(P)-05.EX. .. 2FES(P)-3.EX.

2EES(P)-2.EX. .. 2CES(P)-4.EX.

- Ex-geschützte opto-elektronische Ölüberwachung, Kennzeichnung (Ex) II 1/2G Ex ia IIC T4 Ga/Gb. Technische Details siehe Typschild sowie Betriebsanleitung und Konformitätserklärung des Herstellers.
- Verzögerungszeit: nach Verdichterstart 90 s, im Betrieb 5 s
- Verzögerungsrelais und Zeitrelais im Schaltschrank erforderlich.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch falsch angeschlossene opto-elektronische Ölüberwachung!



Ausschließlich eine für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre geeignete opto-elektronische Ölüberwachung verwenden und mit Trennbarriere, bzw. gemäß Herstellerdokumentation anschließen!

Montage:

- Vormontierte Verschlusschraube und CU-Dichtung entfernen.
- Sensor-Einschraubteil und neue CU-Dichtung montieren (Anzugsmoment: 75 Nm).

Öldruckschalter INT250 Ex

4FE(P)-3.EX. .. 4BE(P)-9.EX.

4VE(P)-6.EX. .. 4NE(P)-20.EX.

4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX.

6JE(P)-22.EX. .. 6FE(P)-50.EX.

8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX.

- Öldrucküberwachung für Verdichter mit integrierter Ölpumpe.
- Öldruckschalter mit Reed-Kontakt, EEB. Technische Details siehe Typschild sowie Herstellerdokumentation.
- Mit Trennbarriere anschließen.
- Verzögerungsrelais und Zeitrelais (90 Sek.) im Schaltschrank erforderlich.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch falsch angeschlossenen Öldruckschalter!



Ausschließlich einen für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre geeigneten Öldruckschalter verwenden und mit Trennbarriere, bzw. gemäß Herstellerdokumentation anschließen!

Montage:

- Verschlussstopfen und CU-Dichtung entfernen.
- Beiliegendes Messingeinschraubteil und neue CU-Dichtung montieren (Anzugsmoment: 75 Nm).
- Elektrische Auswertungseinheit montieren (Anzugsmoment 10 Nm).

5.3 Ölheizung

- Ex-geschützte Ölheizung, Kennzeichnung (Ex) II 2G Ex db IIC T3. Technische Details siehe Typschild sowie Betriebsanleitung und Konformitätserklärung des Herstellers.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch falsch montierte Ölheizung!



Ausschließlich eine für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre zugelassene und von BITZER freigegebene Ölheizung verwenden!

Montage:

2KES(P)-05.EX. .. 2FES(P)-3.EX.:

- Kunststoff-Verschlussstopfen entfernen.
- Die Wärmeleitpaste in die Gehäusebohrung einfüllen.
- Heizung in die Gehäusebohrung einschrauben (Anzugsmoment: 60 Nm).

2EES(P)-2.EX. .. 2CES(P)-4.EX., 4FE(P)-3.EX. .. 4BE(P)-9.EX.:

- Kunststoff-Verschlussstopfen entfernen.
- Lagerdeckelbefestigungsschraube rechts der Heizungsbohrung entfernen.
- Mitgelieferten O-Ring auf das Heizrohr bis zum Halter schieben.
- Die Wärmeleitpaste in die Gehäusebohrung einfüllen.
- Heizung komplett in die Gehäusebohrung einführen. O-Ring auf festen Sitz kontrollieren.
- Heizung mit Lagerdeckelbefestigungsschraube sichern (Anzugsmoment: 80 Nm).

4VE(P)-6.EX. .. 4NE(P)-20.EX.:

- Kunststoff-Verschlussstopfen entfernen.
- Lagerdeckelbefestigungsschraube rechts der Heizungsbohrung entfernen.
- Mitgelieferten O-Ring auf das Heizrohr bis zum Halter schieben.
- Die Wärmeleitpaste in die Gehäusebohrung einfüllen.
- Die Wärmeleitpaste in die Gehäusebohrung einfüllen. O-Ring auf festen Sitz kontrollieren.
- Heizung mit Lagerdeckelbefestigungsschraube sichern (Anzugsmoment: 80 Nm).

4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX., 6JE(P)-22.EX. .. 6FE(P)-50.EX., 8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX.:

- Kunststoff-Verschlussstopfen entfernen.
- Mitgelieferten O-Ring auf die Heizung schieben.
- Die Wärmeleitpaste in die Tauchhülse einfüllen.
- Heizung komplett in die Tauchhülse einführen.
- Klemmschraube der Tauchhülse anziehen (Anzugsmoment: 7 Nm).

5.4 Leistungsregelung (CR) und Anlaufentlastung (SU)

- Option
- ATEX-Kennzeichnung Ex II 2D Ex mb IIC 130C Db und Ex II 2G Ex mb IIC T4 Gb
- Technische Details siehe Typschild der Spule sowie Betriebsanleitung und Konformitätserklärung des Spulenherstellers.
- Betrieb nur innerhalb der Einsatzgrenzen zulässig.
- Eingeschränkter Einsatzbereich bei Betrieb mit Leistungsregelung: Maximal zulässige Druckdifferenz zwischen Hochdruck und Saugdruck: 23 bar.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch die Verwendung nicht Ex-zugelassener Magnetspulen!



Ausschließlich für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre zugelassene und von BITZER freigegebene Magnetspulen verwenden!



WARNUNG

Verdichter steht unter Druck!
Schwere Verletzungen möglich.



Verdichter auf drucklosen Zustand bringen!
Schutzbrille tragen!

Montage:

Spulen auf die vorgerüsteten CR-Flansche montieren.

Spulensbefestigungsmuttern montieren (Anzugsmoment: 5 Nm).

5.5 Anschlusskasten



GEFAHR

Explosionsgefahr durch die Verwendung eines nicht Ex-zugelassenen Anschlusskastens!



Ausschließlich einen für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre zugelassenen und von BITZER freigegebenen Anschlusskasten verwenden!

Unterhalb des Anschlusskastens befindet sich ein Ablassstopfen für Kondenswasser. Dieser Stopfen ist eingeklebt und darf nicht entfernt werden!

Geeignete Maßnahmen treffen, um Kondensation im Anschlusskasten vermeiden!

6 Elektrischer Anschluss

Sämtliche Arbeiten an der Elektrik dürfen nur ausgeführt werden von qualifiziertem, autorisiertem und speziell auf dem Gebiet des Explosionsschutzes unterwiesenem Fachpersonal. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals gelten die jeweils landesüblichen Vorschriften und Richtlinien.

Trennbarrieren in sicherer Zone entsprechend der Prinzipschaltbilder in dieser Betriebsanleitung anschließen (siehe Kapitel Trennbarrieren, Seite 17)!

Herstellerdokumentation der eingesetzten Bauteile beachten!

Angaben auf den Typschildern mit den Angaben des vorhandenen Stromnetzes vergleichen. Geräte nur bei Übereinstimmung der Typschilddaten mit den Netzverhältnissen anschließen.

Auslegung des Anschlusses gemäß Stromdaten auf dem Typschild.

6.1 Anschlusskasten und Kabelverschraubungen

- Der Anschlusskasten und die Kabelverschraubungen müssen ordnungsgemäß verschlossen werden!
- Schutzart IP65 muss gewährleistet werden!
- Bei 4JE(P)-13.EX. ... 4FE(P)-35.EX. und 6JE(P)-22.EX. ... 6FE(P)-50.EX.: Leistungskabel: max. Querschnitt: 50 mm²

- Ex-Kabelverschraubungen laut Herstellerangaben verwenden. Auf richtige Zuordnung der Kabel- und Verschraubungsdurchmesser achten!



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Vereisung des Verdichters!



Vereisung des Verdichters im Tiefkühlbereich muss wegen Kurzschlussgefahr vermieden werden (z. B. durch geeignete Sauggasüberhitzung)! Sauggastemperatur sorgfältig einstellen und den Verdichter regelmäßig auf Vereisung prüfen!

6.2 Verdichtermotor

Verdichtermotor mit Überstromrelais absichern!

6.3 Verdichterschutzgeräte

Verdichterschutzgeräte außerhalb der Ex-Zone, z. B. im Schaltschrank, installieren und mit geeigneter Trennbarriere anschließen! Der Abstand zwischen Verdichterschutzgerät und Trennbarriere darf max. 10 m betragen!

- Kabel zur Auswertung des Druckgastemperaturfühlers vor Anschluss auf Polarität prüfen und entsprechend verdrahten.
- Korrektes Auslösen des Verdichterschutzgerätes sicherstellen, z. B. durch testweisen Betrieb des Verdichterschutzgerätes und der Trennbarriere in freige-messener Atmosphäre.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch falsch angeschlossenes Kabel zur Auswertung des Druckgastemperaturfühlers!



Sicheres Abschalten des Verdichters beim Erreichen der Auslösetemperatur kann nicht gewährleistet werden.

Polarität des Kabels zur Auswertung des Druckgastemperaturfühlers prüfen und beachten!

6.4 Hoch- und Niederdruckwächter (HP und LP)

Der Verdichter darf nicht im Unterdruckbereich und nur gemäß den Angaben auf dem Typschild betrieben werden.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch falsch angeschlossene Druckwächter!



Ausschließlich für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre geeignete Hoch- und Niederdruckwächter (HP und LP) verwenden und mit Trennbarriere, bzw. gemäß Herstellerdokumentation anschließen!



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Eintritt von Fremdgas! Bei Betrieb außerhalb der zulässigen Einsatzgrenzen und/oder nicht ausreichender Ölkühlung sowie im Unterdruck kann es zum Eintritt von Fremdgas kommen.



Anlage nicht im Unterdruck und nur innerhalb der zulässigen Einsatzgrenzen betreiben und durch entsprechende Sicherheitseinrichtungen (z. B. Niederdruckwächter) absichern! Ausreichend dimensionierten Wärmetauscher einsetzen!

6.5 Druckgastemperaturfühler

Trennbarriere Pepperl + Fuchs KCD2-RR-Ex1 bzw. KCD2-RR2-Ex1 (oder funktionsgleiches Gerät) erforderlich.

- Druckgastemperaturfühler PTC, EEB. Technische Details siehe Typschild sowie Herstellerdokumentation.
- Schaltpunkt 140°C (Abschaltpunkt des Verdichters).



GEFAHR

Explosionsgefahr durch heiße Oberflächen! An keiner Stelle darf eine Oberflächentemperatur von 140°C überschritten werden!



GEFAHR

Explosionsgefahr durch falsch angeschlossenen Druckgastemperaturfühler!



Ausschließlich einen für den Einsatz in explosionsfähiger Atmosphäre geeigneten Druckgastemperaturfühler verwenden und mit Trennbarriere bzw. gemäß Herstellerdokumentation anschließen!

6.6 Erdung

Alle leitfähigen Bauteile inklusive der Rohrleitungen an den Potentialausgleich anschließen.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Entladung elektrostatischer Aufladung!



Nur für explosionsfähige Atmosphären geeignete Geräte verwenden und diese entsprechend im betreiberseitigen Explosionsschutzdokument bewerten und festhalten!

Geräte nicht in der Nähe von hochaufladenden Prozessen betreiben (z. B. mechanische Trennprozesse)!

Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung von nichtmetallischen Bauteilen, Werkzeugen, Hilfsmitteln sowie Kleidung treffen!

Z. B. Geeignete, antistatische Kleidung tragen, funkenarme Werkzeuge verwenden, zur Reinigung feuchtes Tuch verwenden, zusätzliche Erdung leitfähiger Teile vornehmen.

6.7 Betrieb mit Frequenzumrichter



HINWEIS

Gefahr von Lagerschäden durch hochfrequente Lagerströme.

Kabelauswahl, Erdung und Schirmung entsprechend der Herstellerdokumentation des Frequenzumrichters ausführen.

Die ordnungsgemäße Verkabelung und Erdung reduziert mögliche hochfrequente Lagerströme.

Frequenzumrichter entsprechend der Angaben auf dem Typschild, der Herstellerdokumentation des Frequenzumrichters und der BITZER SOFTWARE parametrieren.

6.8 Trennbarrieren

Konfiguration

Pepperl + Fuchs KFD2-SR2-Ex1.W

Schalter	Funktion	Beschreibung	Position
1	Wirkungsrichtung Ausgang 1	Bei hohem Eingangsstrom	I
2	Keine Funktion		I
3	Leitungsfehlererkennung	Aus	II

Pepperl + Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W

Schalter	Funktion	Beschreibung	Position
1	Wirkungsrichtung Ausgang 1	Bei hohem Eingangsstrom	I
2	Wirkungsrichtung Ausgang 2	Bei hohem Eingangsstrom	I
3	Leitungsfehlererkennung	Aus	II

Pepperl + Fuchs KCD2-RR-Ex1 oder KCD2-RR2-Ex1

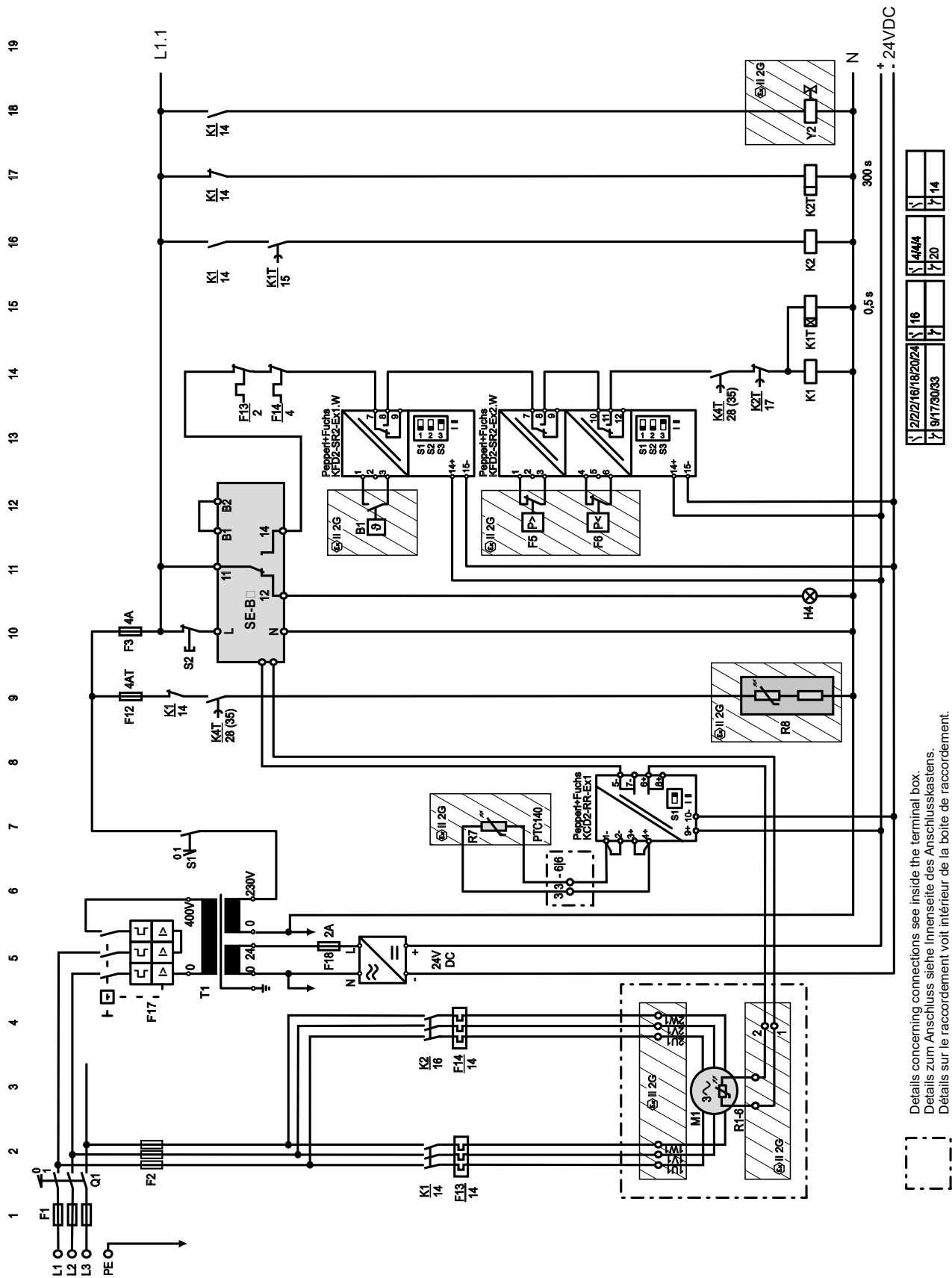
Schalter	Funktion	Beschreibung	Position
1	Input Eingangswiderstand	2- oder 4-Leiter	II

Pepperl + Fuchs KFU8CRG2-Ex1.D

Einheit:		mA
Eingang	→Leitungsfehler→Leitungsbruch:	aktiv
	→Leitungsfehler→Leitungskurzschluss	aktiv
	→Nullpunkt:	4 mA
	→Konvertierungsfaktor:	1
	→Linearisierung:	Aus
	→Glättung	3 s

Ausgang→Relais 1:	Minimalstandsüberwachung	Maximalstandsüberwachung
Schaltpunkt	10,5 mA	11,5 mA
Hysterese	1,0 mA	1,0 mA
Schaltrichtung	Min	Max
Wirkungsrichtung	inaktiv	inaktiv
Wiedereinschaltsperr	Aus	Aus
Ansprechverzögerung	0 s	0 s

Ausgang→Relais 2:	Minimalstandsüberwachung	Maximalstandsüberwachung
Schaltpunkt	10,5 mA	11,5 mA
Hysterese	1,0 mA	1,0 mA
Schaltrichtung	Min	Max
Wirkungsrichtung	aktiv	aktiv
Wiedereinschaltsperr	Aus	Aus
Ansprechverzögerung	0 s	0 s



Details concerning connections see inside the terminal box.
 Details zum Anschluss siehe Innenseite des Anschlusskastens.
 Détails sur le raccordement voir l'intérieur de la boîte de raccordement.

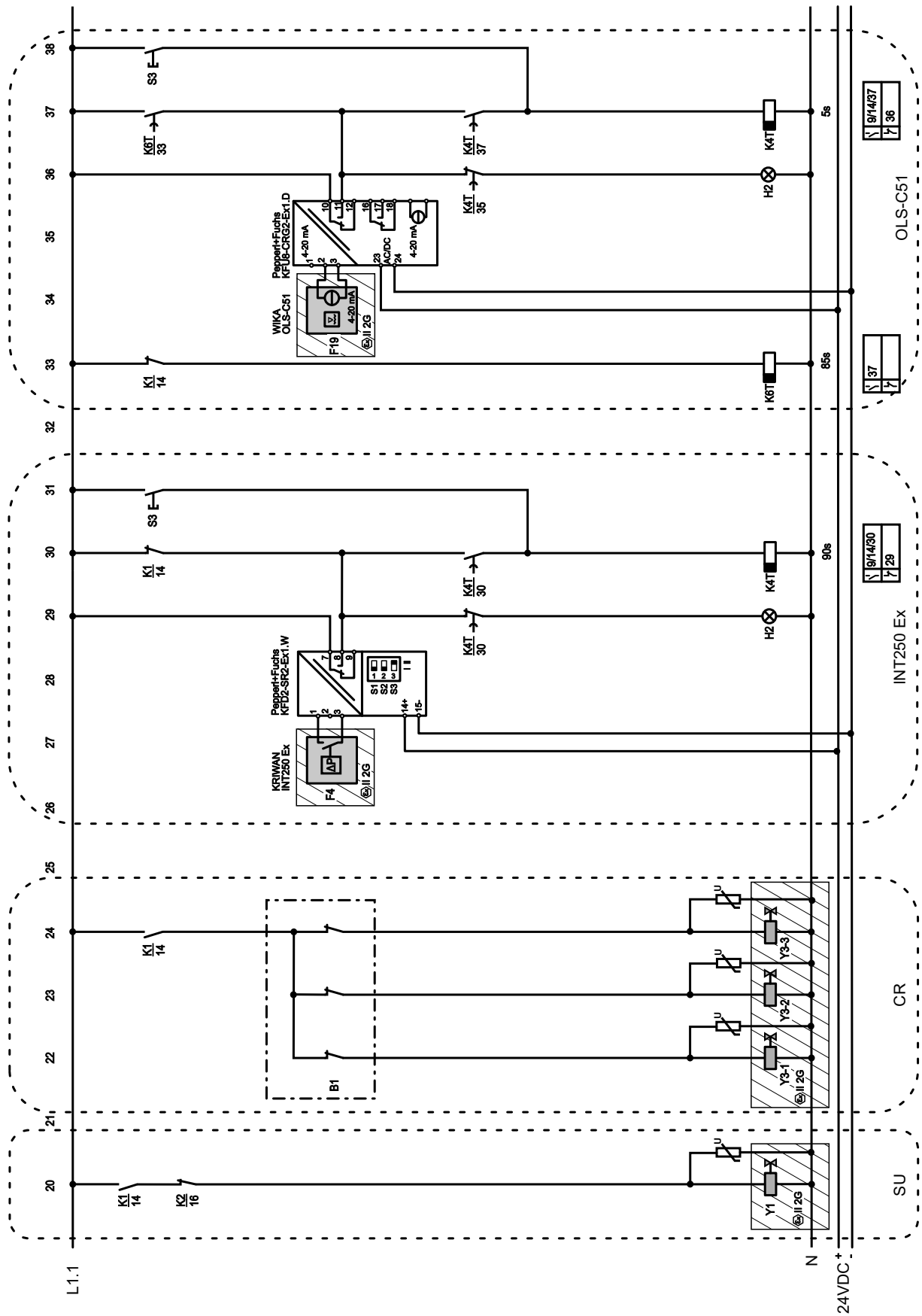


Abb. 10: Zusätzliche Funktionen

Abk.	Bauteil
B1	Übergeordneter Regler
F1	Hauptsicherung
F2	Verdichtersicherung
F3	Steuerekreissicherung für Niederspannung
F4	Öldifferenzdruckschalter
F5	Hochdruckschalter
F6	Niederdruckschalter
F12	Sicherung der Ölheizung
F13	Überlastschutzeinrichtung
F14	Überlastschutzeinrichtung
F17	Steuertransformatorsicherung
F18	Steuerekreissicherung für Kleinspannung
F19	Ölniveauwächter
H2	Leuchte "Störung der Ölversorgung"
H4	Leuchte "Motortemperatur zu hoch"
K1	Schütz "1. Teilwicklung" (PW) oder Hauptschütz (Stern-Dreieck)
K2	Schütz "2. Teilwicklung" (PW) oder Dreieckschütz (Stern-Dreieck)
K3	Sternschütz (Stern-Dreieck)
K1T	Zeitrelais "Teilwicklungsanlauf" 0,5 s oder "Stern-Dreieck-Anlauf"
K2T	Zeitrelais "Pausenzeit" 300 s
K3T	Zeitrelais "Störung der Ölversorgung"
K4T	Zeitrelais "Alarmverzögerung" 5 s
K6T	Zeitrelais "Ölniveauschalter"
M1	Verdichter
Q1	Hauptschalter
R1..6	Temperaturfühler in Motorwicklung
R7	Druckgastemperaturfühler (jeder Zylinderkopf ist mit einem Druckgastemperaturfühler inklusive Trennbarriere ausgestattet)
R8	Ölheizung
S1	Steuerschalter (ein/aus)
S2	Entriegelung "Übertemperatur" (Motor / Druckgas) und "Ölmangel"
S3	Entriegelung "Ölmangel"
T1	Steuertransformator (Beispiel für 230 V, erforderlich gemäß EN60204-1)
U	Entstörglied (bei Bedarf)
Y1	Magnetventil "Anlaufentlastung"
Y2	Magnetventil "Flüssigkeitsleitung"

Abk.	Bauteil
Y3	Magnetventil "Leistungsregelung"
SE-*	Verdichterschutzgerät für Motor- und Druckgastemperatur

7 Wartung und Reparatur

Der Anlagenbetreiber darf keine Reparaturarbeiten am Verdichter/Druckbehälter durchführen!



GEFAHR

Explosionsgefahr bei Wartungsarbeiten!
Wartungsarbeiten nur durchführen, wenn keine explosionsfähige Atmosphäre vorliegt.
Atmosphäre dauerhaft überwachen!

Herstellerdokumentation der eingesetzten Bauteile beachten!

Nur original BITZER-Ersatzteile verwenden!

7.1 Datenprotokoll pflegen

- Alle Betriebsdaten prüfen und protokollieren.
- Bei Abweichungen Ursache ermitteln und beseitigen.

7.2 Anlage reinigen

Anlage nach Bedarf, aber mindestens halbjährlich, reinigen.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Staub und Öl!
Verunreinigungen unbedingt vermeiden!
Gesamte Anlage nach Bedarf, aber mindestens halbjährlich, reinigen.



GEFAHR

Explosionsgefahr durch Entladung elektrostatischer Aufladung!
Nur für explosionsfähige Atmosphären geeignete Geräte verwenden und diese entsprechend im betreiberseitigen Explosionsschutzdokument bewerten und festhalten!
Geräte nicht in der Nähe von hochaufladenden Prozessen betreiben (z. B. mechanische Trennprozesse)!
Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung von nichtmetallischen Bauteilen, Werkzeugen, Hilfsmitteln sowie Kleidung treffen!
Z. B. Geeignete, antistatische Kleidung tragen, funkenarme Werkzeuge verwenden, zur Reinigung feuchtes Tuch verwenden, zusätzliche Erdung leitfähiger Teile vornehmen.

7.3 Elektrische Bauteile prüfen

Elektrische Bauteile halbjährlich prüfen.

- Vor Beginn der Wartung spannungsfrei schalten und freimessen. Dies gilt insbesondere für die Steuerungsspannung der Magnetspulen.
- Kabelanschlüsse von Motor und Trennbarrieren prüfen.
- Kontakte der Motorschütze prüfen und ggf. ersetzen.

7.4 Druckgastemperaturfühler und Trennbarrieren prüfen

Druckgastemperaturfühler und Trennbarrieren jährlich prüfen.

- Freimessen
- Druckgastemperaturfühler (PTC): Widerstand $< 500 \Omega$
- Verdichterschutzgerät prüfen:
 - Druckgastemperaturfühler abklemmen. Das Verdichterschutzgerät muss jetzt Störung anzeigen.
 - Trennbarrieren zurücksetzen: Druckgastemperaturfühler anschließen und Reset-Taster drücken.
 - Trennbarrieren außerhalb der Ex-Zone installieren und geeignete Trennbarrieren verwenden!

Table of contents

1	Introduction	23
1.1	Also observe the following technical documents	23
2	Safety	23
2.1	Authorized staff	23
2.2	Residual risks and general safety references	23
2.3	Safety references especially for the use in zones 1 and 2	23
2.4	Specific operating conditions	24
3	Application ranges	25
3.1	Name plate	25
3.2	ATEX marking	25
3.3	Defining the zone	25
3.4	Place of installation	25
4	Application limits	26
5	Mounting	29
5.1	ATEX components	30
5.2	Oil monitoring	33
5.3	Oil heater	34
5.4	Capacity control (CR) and start unloading (SU)	34
5.5	Terminal box	35
6	Electrical connection	35
6.1	Terminal box and screwed cable glands	35
6.2	Compressor motor	35
6.3	Compressor protection devices	35
6.4	High and low pressure limiters (HP and LP)	36
6.5	Discharge gas temperature sensor	36
6.6	Earthing	36
6.7	Operation with frequency inverter	36
6.8	safety barriers	37
7	Maintenance and repair	41
7.1	Updating a data protocol	41
7.2	Cleaning the system	41
7.3	Checking the electrical components	41
7.4	Checking the discharge gas temperature sensor and the safety barriers	41

1 Introduction

This supplement to the Operating Instructions KB-100 is limited to the special features of these compressors concerning their use in potentially explosive atmospheres (compressors in a special explosion-proof design). In addition to this, the Operating Instructions KB-100 are also applicable.

According to the EU Machinery Directive 2006/42/EC, these refrigerant compressors are designed for installation in machines located in areas that are subject to the EU Explosion Protection Directive 2014/34/EU (ATEX 114).

They may only be commissioned if they have been installed according to the standard Operating Instructions KB-100 and this supplement and if the overall system complies with the applicable legal provisions (applied standards: see declaration of conformity).

The compressors have been designed especially for use in Zones 1 and 2 (ATEX) according to the EU Directive 1999/92/EC (ATEX 137) and comply with the requirements of the ATEX marking Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIB T3 Gb and Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb, respectively. They have been built in accordance with state-of-the-art methods and current regulations. Particular importance has been placed on user safety.

The Ex-relevant information (zones, explosion group, temperature class, etc.) must be defined by the end user and specified in the explosion protection document.

Before commissioning the system, the end user must have the complete system setup assessed and accepted by a notified body.

These Operating Instructions, the EU Declarations of Conformity (where applicable, type examination certificates) and the manufacturer's documentation of the components used must be kept available in the vicinity of the refrigeration system during the entire lifetime of the compressor.

1.1 Also observe the following technical documents

- KB-100: Operating Instructions Semi-hermetic reciprocating single stage compressors
- KP-100 Brochure Semi-hermetic reciprocating compressors
- KT-420: BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters

See www.bitzer.de

- Manufacturer's documentation of the individual components included in the scope of delivery

2 Safety

2.1 Authorized staff

Any work on compressors and refrigeration systems may only be performed by qualified and authorised staff who have been instructed especially in the area of explosion protection. The local regulations and directives with respect to the qualification and competence of the staff (e.g. according to DIN EN60079-14; -17; -19; -25) shall apply.

2.2 Residual risks and general safety references

see KB-100.

2.3 Safety references especially for the use in zones 1 and 2



DANGER

Risk of explosion due to hot surfaces!
The surface temperature of 140°C must not be exceeded at any point!



DANGER

Risk of explosion due to spark formation!
Avoid ignition sources and open fire!
Use only low-sparking tools!
Mobile phones must be switched off!



DANGER

Risk of explosion due to dust and oil!
Avoid all contamination!
Clean the whole system as needed but at least every six months.



DANGER

Risk of explosion due to the discharge of electrostatic charges!
Use only devices suitable for potentially explosive atmospheres and assess and list them in the explosion protection document of the end user!
Do not operate the devices in the vicinity of processes producing high charges (e.g. mechanical separation processes)!
Take measures against electrostatic charging of non-metallic components, tools, auxiliaries and clothing!
Wear, for example, suitable antistatic clothing, use low-sparking tools, a moist cloth for cleaning, and perform additional earthing of conductive parts.



In addition to the EU Explosion Protection Directive 2014/34/EU (ATEX 114) and the safety regulations indicated in the standard Operating Instructions, the specific regulations EN 60079, 80079-36, -37 and the EU Directive 1999/92/EC (ATEX 137) must be adhered to!

The following standards have been applied:

- EN1127-1
- DIN EN60079-0:2014
- DIN EN60079-7:2015
- DIN EN60079-11:2012
- DIN EN60079-14:2013
- EN ISO80079-36:2016
- DIN EN80079-37:2016

2.4 Specific operating conditions

1. The manufacturer's information from the separate main and ATEX operating instructions and the information from the operating instructions of attachment parts regarding safe installation/operation of the attachment parts in a potentially explosive atmosphere must be adhered to.
2. By monitoring the pressure, the end user must ensure that the pressure in the refrigeration circuit does not fall below the ambient pressure and that no oxygen or a potentially explosive atmosphere enters the system. This prevents the formation of a potentially explosive atmosphere inside the compressor. If the system pressure falls below the ambient pressure, the system must be switched off.
3. The end user must monitor the limit of the product, using, for example, a process control system.
4. A screwed joint must be used to protect the oil heater against being pulled out.
5. When introducing the oil heater into the heater sleeve, use a sufficient amount of heat transfer paste in order to ensure optimum heat transfer.
6. Opening the compressor is only allowed at standstill and after a clearance measurement has been performed if there is no potentially explosive atmosphere. The corresponding information from the operating instructions must be observed.
7. For the 2KES(P)-05.EX. .. 2FES(P)-3.EX., 2EES(P)-2.EX. .. 2CES(P)-4.EX. , 4VE(P)-6.EX. .. 4NE(P)-20.EX., 4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX. and 8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX. series having the motor codes 20D (50Hz) and 20P (50Hz), the nominal voltage of the motor is limited to a tolerance of -5 / 0%.

3 Application ranges

see KB-100.

3.1 Name plate

The specific compressor design for use in Zones 1 and 2 according to ATEX marking Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb and Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIB T3 Gb, respectively, is marked by adding "EX" to the model designation.

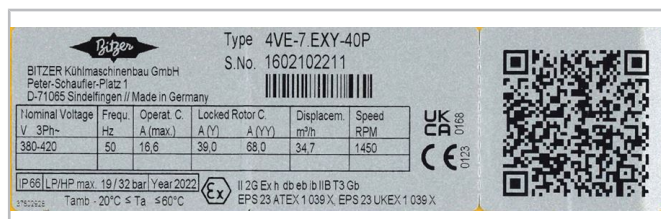


Fig. 1: ATEX name plate (example)

3.2 ATEX marking

Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb	
Ex	Directive 2014/34/EU
II	Device group
2	Device category
G	Gas
h	Ignition protection type non-electrical device
db	Ignition protection type flameproof enclosure
eb	Ignition protection type increased safety
ib	Ignition protection type intrinsic safety
mb	Ignition protection type potted enclosure
IIC	Gas group
T3	Temperature class 200°C
Gb	Equipment Protection Level

For semi-hermetic reciprocating compressors with standard varnish and navy varnish the following marking is used:

Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIB T3 Gb

For semi-hermetic reciprocating compressors with conductive varnish the following marking is used:

Ex II 2G Ex h db eb ib mb IIC T3 Gb

The accessories "heater" and "solenoid coil" are provided as an option. If the accessory "heater" is not included, "db" for the ignition protection type "flameproof enclosure" is removed from the above-mentioned marking options. If the accessory "solenoid

coil" is not included, "mb" for the ignition protection type "potted enclosure" is removed from the above-mentioned marking options.

3.3 Defining the zone

Before mounting, the zone of the potentially explosive atmosphere must be defined by the end user and specified in the explosion protection document. The suitability of the defined zone must be assessed.

3.4 Place of installation

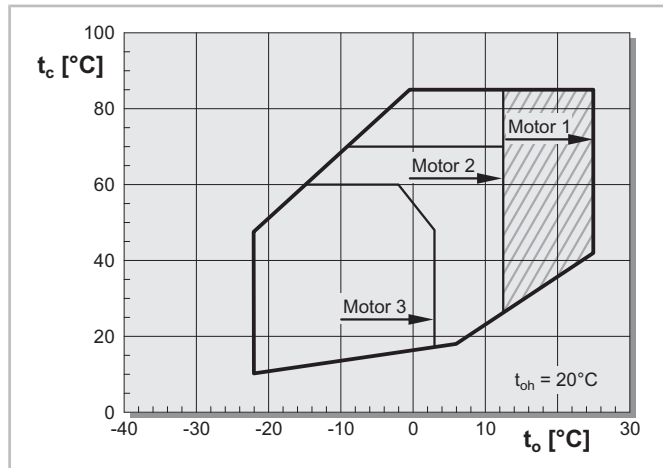
If the compressor or pressure vessel is installed outdoors, suitable constructive measures (e.g. weather protection, lightning conductor) have to be taken to prevent the function of the refrigeration system and especially the explosion protection from being impaired by external influences.

The refrigeration system must be installed at a temperature between -20°C and +60°C only! The surface temperature of the compressor must not fall below the dew point of the environment!

4 Application limits

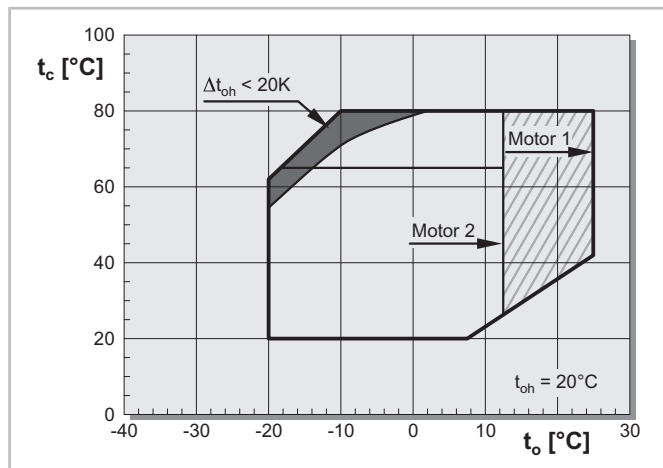
R134a, R1234yf, R450A, R513A ①

2KES-05Y .. 6FE-50Y



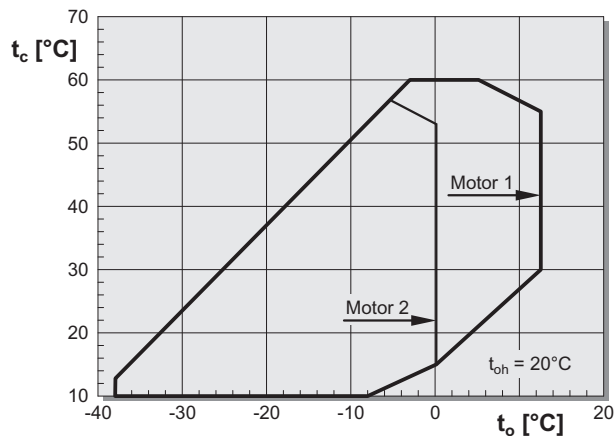
R134a, R1234yf, R450A, R513A ①

8GE-50Y .. 8FE-70Y



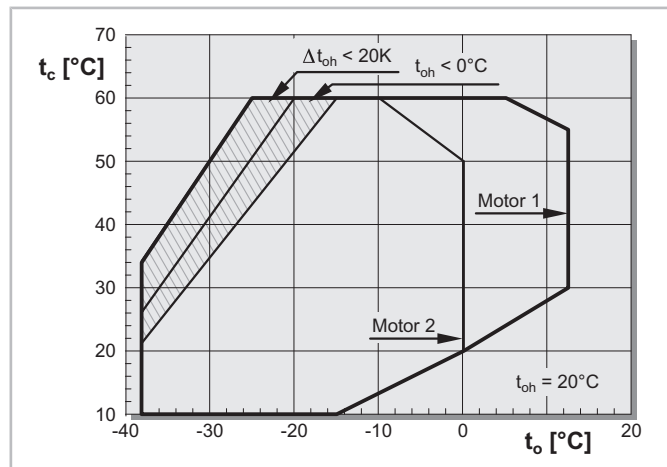
R407A ③

2KES-05Y .. 4CES-9Y



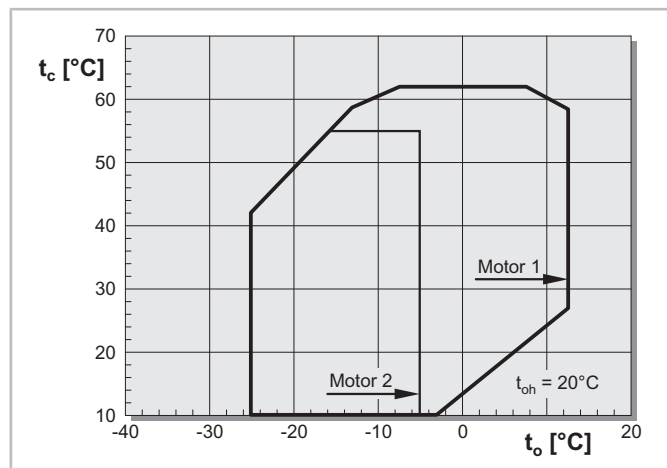
R407A ③

4VES-7YY .. 6FE-50Y



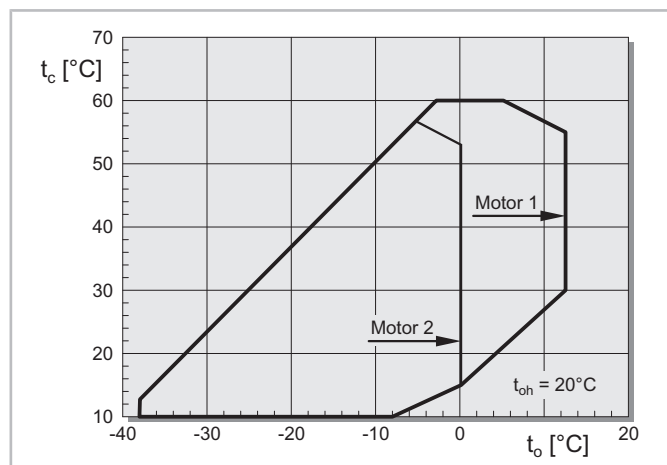
R407C ② ③

2KES-05Y .. 8FE-70Y



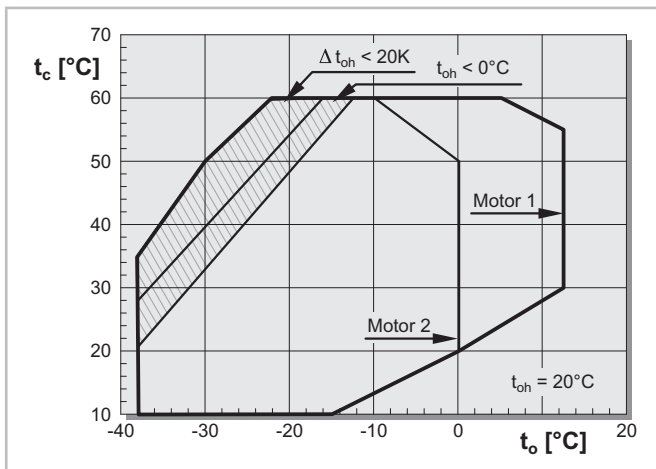
R407F ③

2KES-05Y .. 4CES-9Y



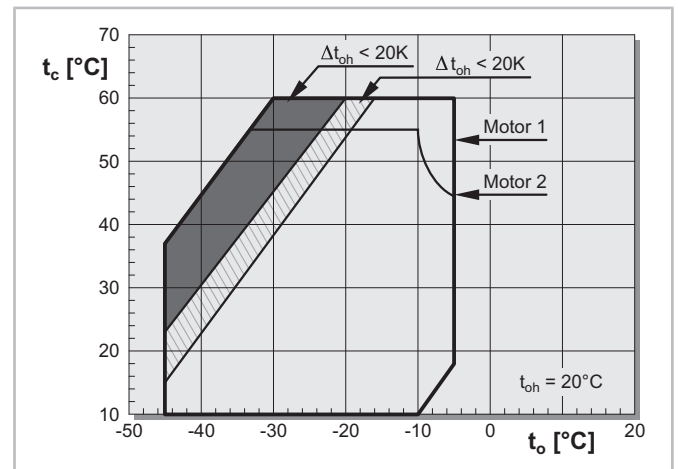
R407F ③

4VES-7Y .. 6FE-50Y



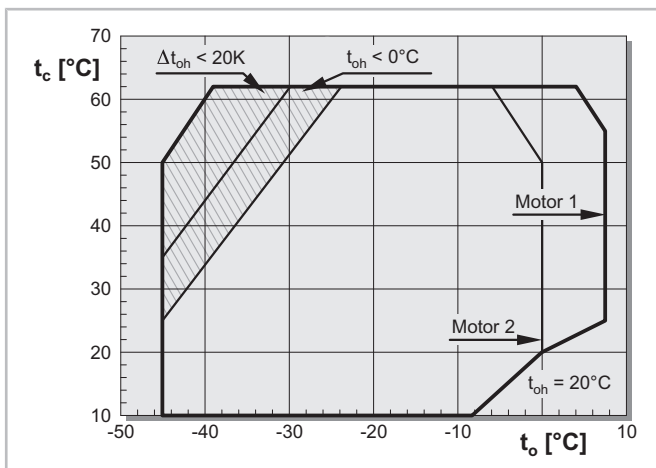
R1270

2KESP-05P .. 6FEP-50P



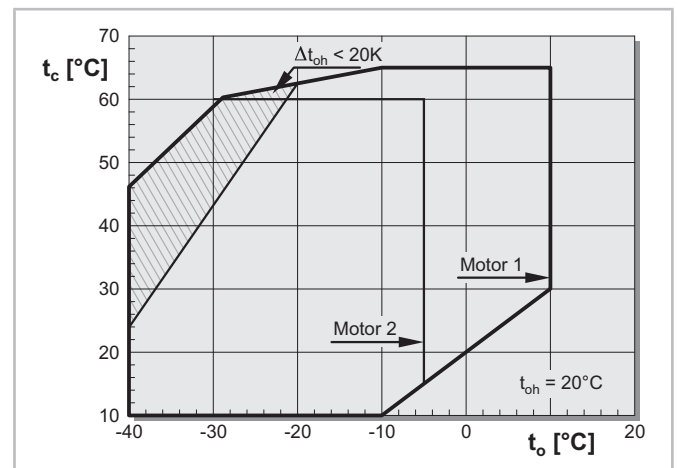
R404A, R507A

2KES-05Y .. 6FE-50Y



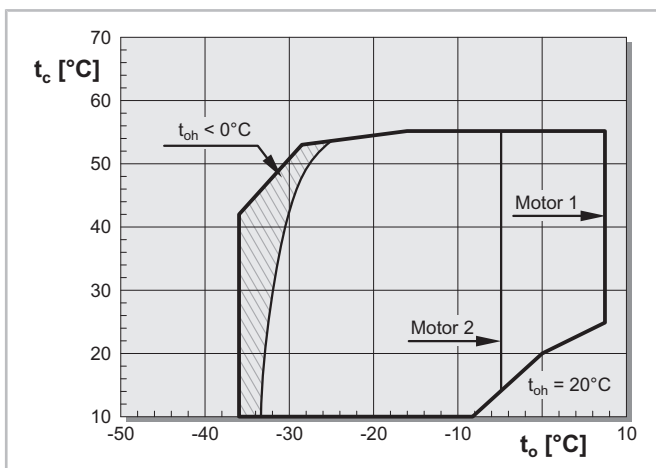
R290

2KESP-05P .. 6FEP-50P



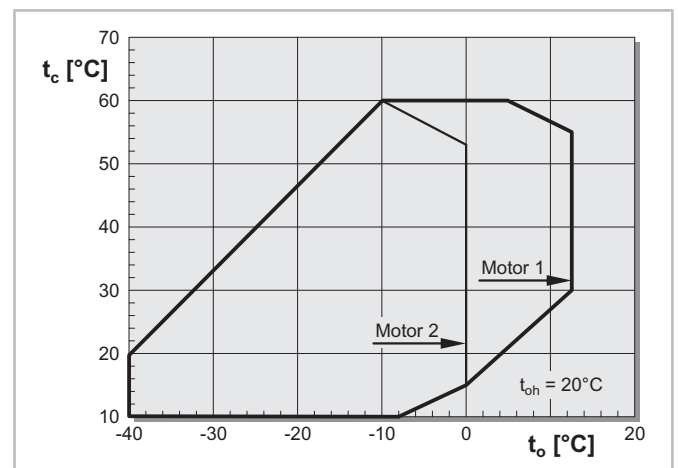
R404A, R507A

8GE-50Y .. 8FE-70Y



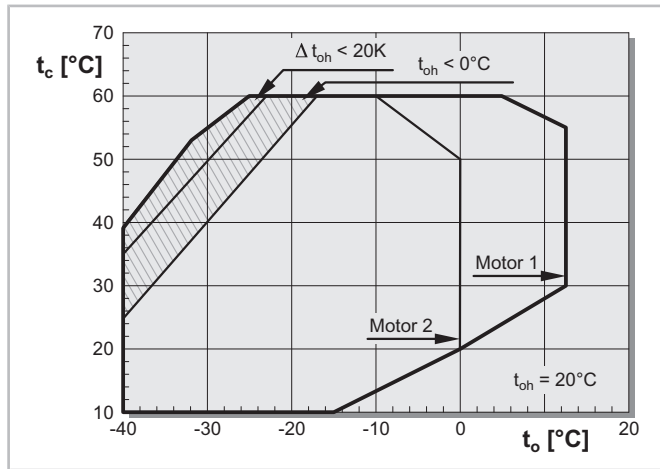
R448, R449

2KES-05Y .. 4CES-9Y



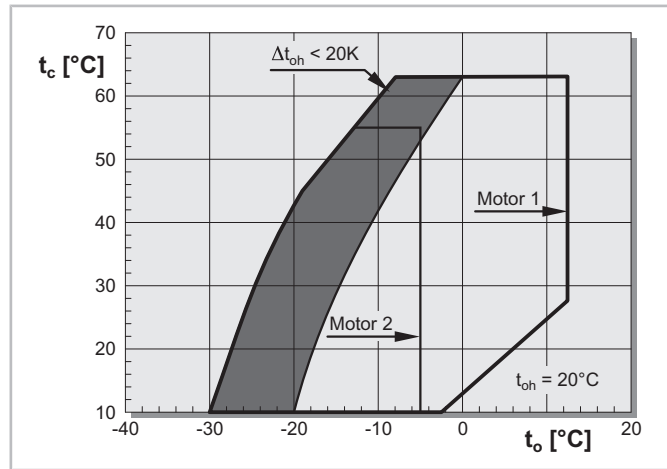
R448, R449

4VES-7Y .. 6FE-50Y



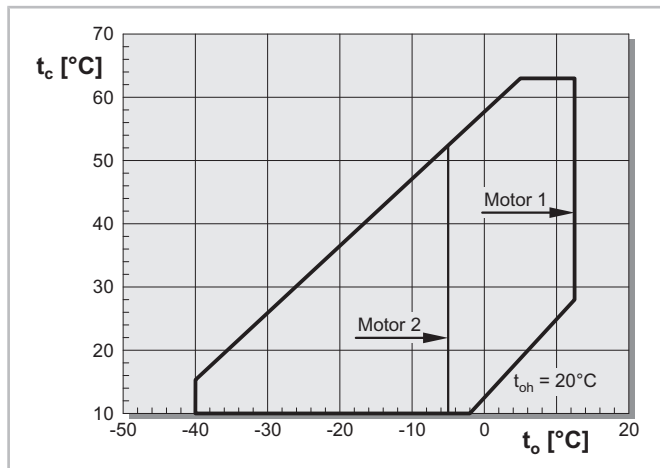
R22

8GE-50 .. 8FE-70



R22

2KES-05 .. 4CES-9



Legend

t_o	Evaporation temperature [°C]
t_{oh}	Suction gas temperature [°C]
Δt_{oh}	Suction gas superheat [°C]
t_c	Condensing temperature [°C]
	For the restriction, see plot
	Suction gas superheat > 10 K
	For the restriction, see plot

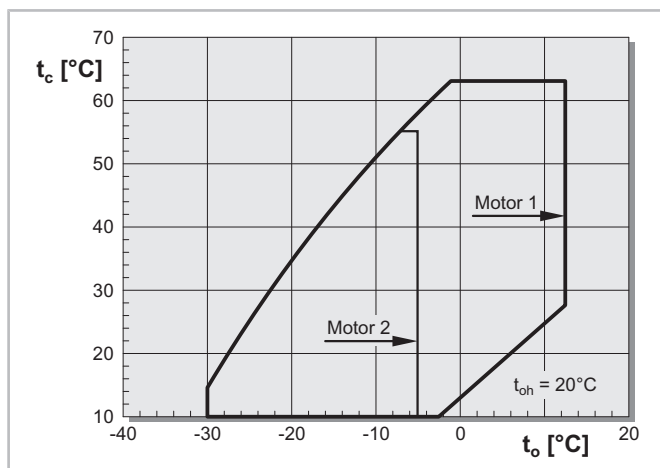
① With R134a at $t_c > 70^\circ\text{C}$, the oil BSE55 must be used (instead of BSE32)

② 8GE-50Y .. 8FE-70Y: minimum evaporation temperature -20°C

③ Evaporation and condensing temperatures refer to the dew point values (saturated vapour)

R22

4VES-7 .. 6FE-50



5 Mounting

The system components must be connected according to the schematic wiring diagrams in these Operating Instructions (see chapter safety barriers, page 37).

Observe the manufacturer's documentation of the components used!

Additional components (e.g. distributor) must comply with the requirements of the ATEX directive (e.g. EU type examination certificate). If components are combined (e.g. electrical attachment parts with compressor), the components' conditions of use must be observed. Only when these conditions are met, can it be assumed that no new ignition sources are generated

and the conformity of the products with the directive is maintained.

Associated electrical operating equipment is not included in the scope of delivery.

Simple electrical operating equipment (EEB)

These components do not need an EU type examination certificate but they must be protected in a safe area by connecting a piece of associated electrical equipment (e.g. safety barrier). These intrinsically safe circuits must be specially marked (e.g. blue cable) and the wiring is subject to special requirements. The end user must prove compliance with intrinsic safety (U, I, L, C) (see EN 60079-14).

EEB	Included in the scope of delivery	Setting
Motor temperature sensor (PTC)	Yes	Sensor adjusted to a fixed value of 80-120°C depending on motor (cut-out point of the compressor)
Discharge gas temperature sensor (PTC)	Yes	Sensor adjusted to a fixed value of 140°C (cut-out point of the compressor)
Oil pressure switch INT250 Ex	Yes (only for compressors with oil pump (see chapter Oil monitoring, page 33))	Sensor adjusted to a fixed value of 0.65 bar (cut-out point of the compressor)



DANGER

Explosion danger due to the entry of non condensable gas!



When the system is operated outside the permitted application limits and/or with insufficient oil cooling and/or at negative pressure, non condensable gas may enter the system.

Do not operate the system at negative pressure and only within the permitted application limits and protect it by means of suitable safety devices (e.g. low pressure limiter)!

Use a sufficiently dimensioned heat exchanger!



DANGER

Risk of damage to the compressor!

Excess temperature caused by a closed valve on the pressure side.



Install and set a high pressure limiter (HP) and a discharge gas temperature sensor!



DANGER

Explosion danger due to vibrations on the pipelines!



Vibrations on the pipelines may lead to increased surface temperatures on the pipes.

The system must be designed in a way that generation of vibrations on the pipes is excluded!

5.1 ATEX components

For connection positions, see KB-100.

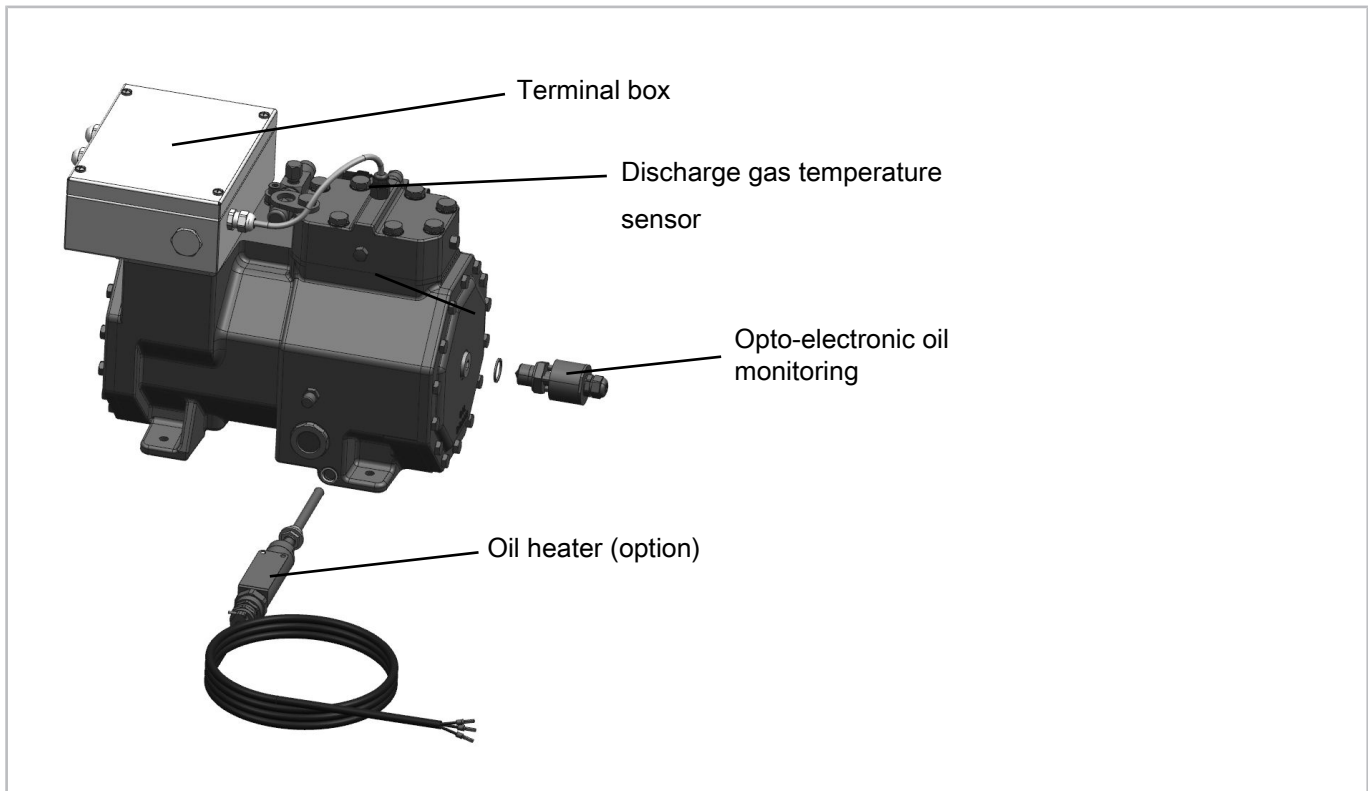


Fig. 2: 2KES(P)-05.EX. ... 2FES(P)-3.EX.

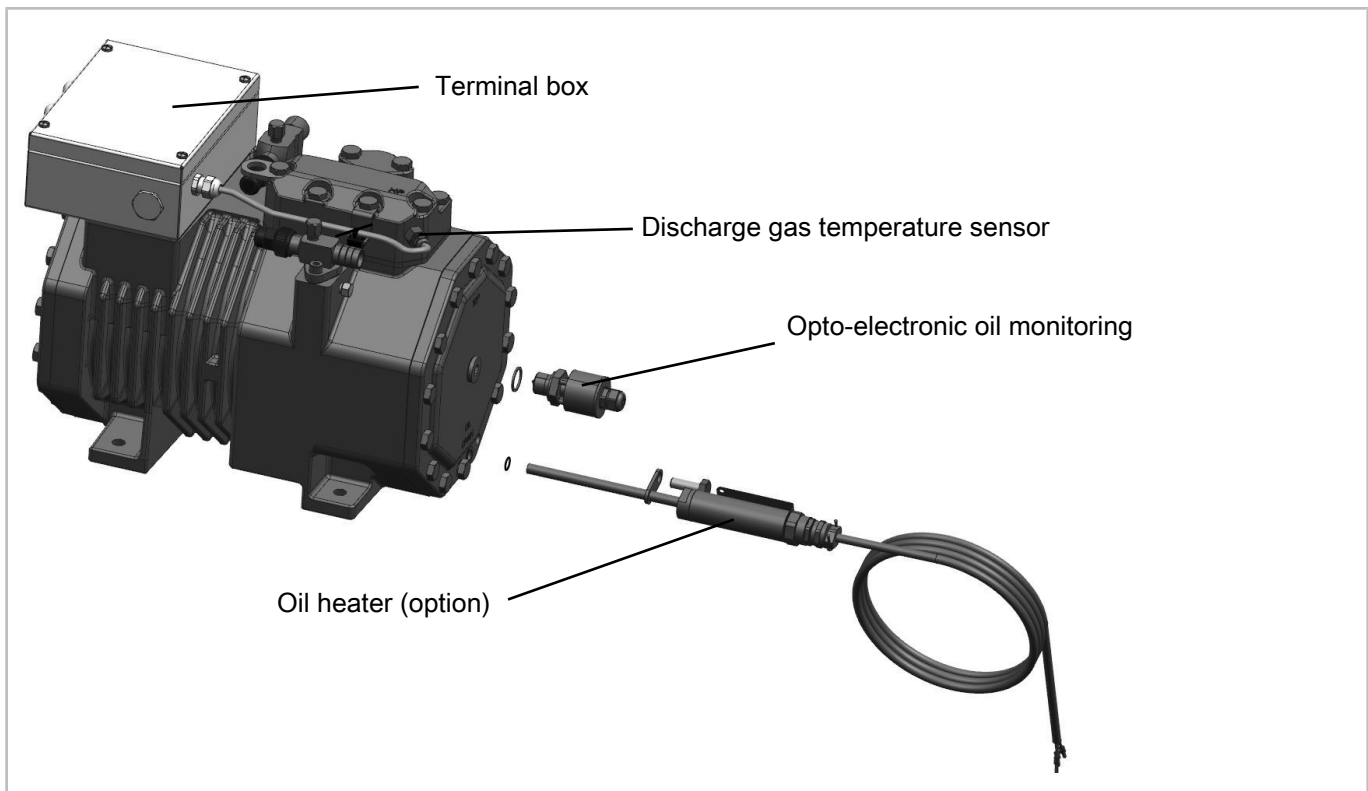


Fig. 3: 2EES(P)-2.EX. ... 2CES(P)-4.EX.

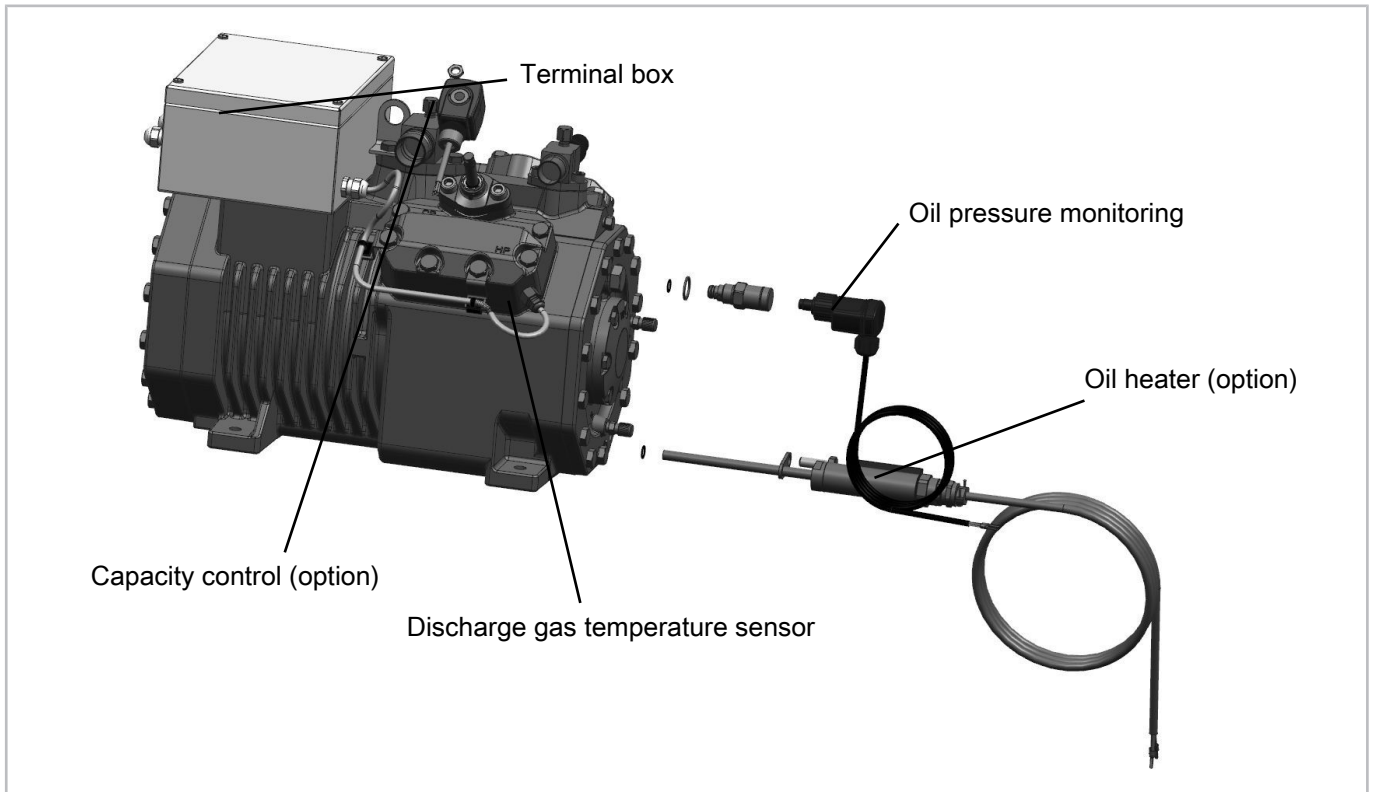


Fig. 4: 4FE(P)-3.EX. ... 4BE(P)-9.EX.

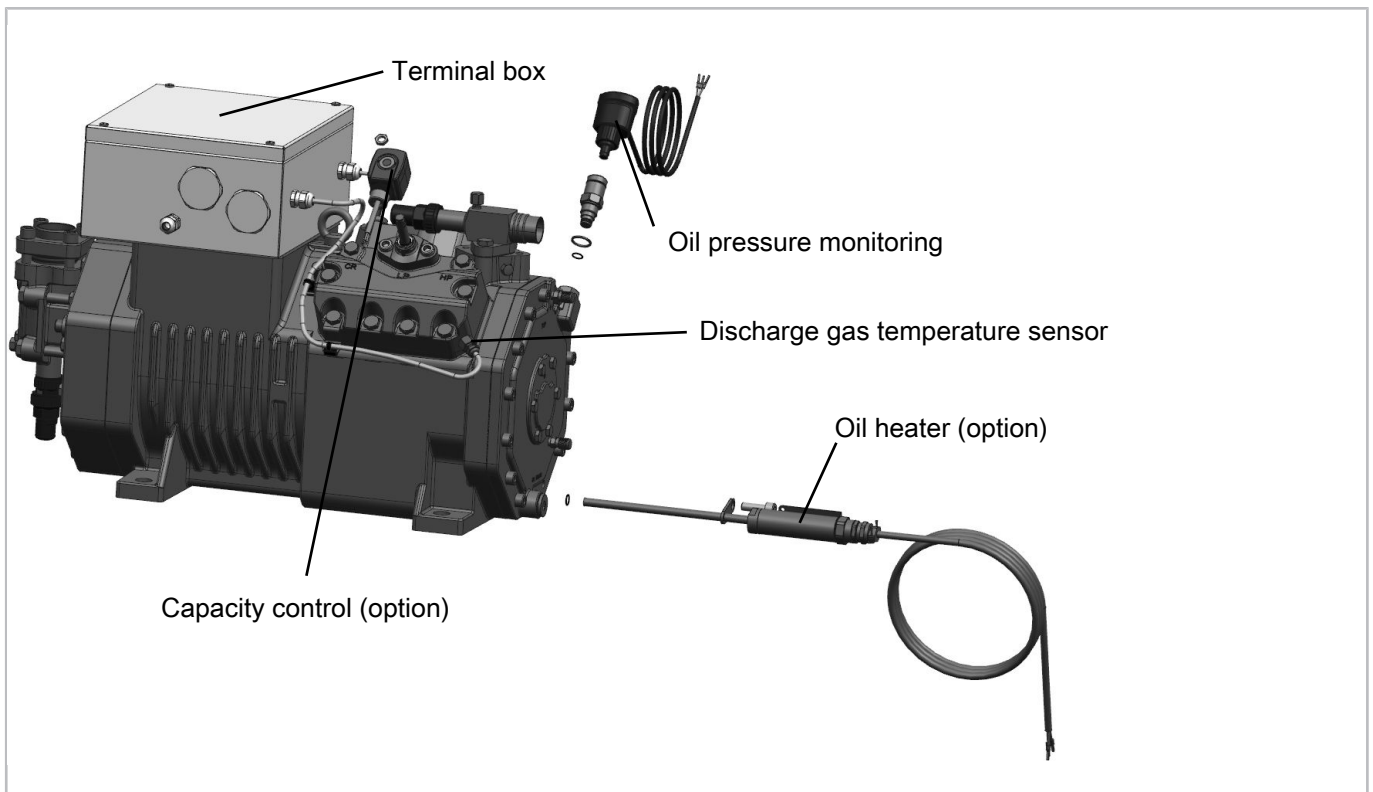


Fig. 5: 4VE(P)-6.EX. ... 4NE(P)-20.EX.

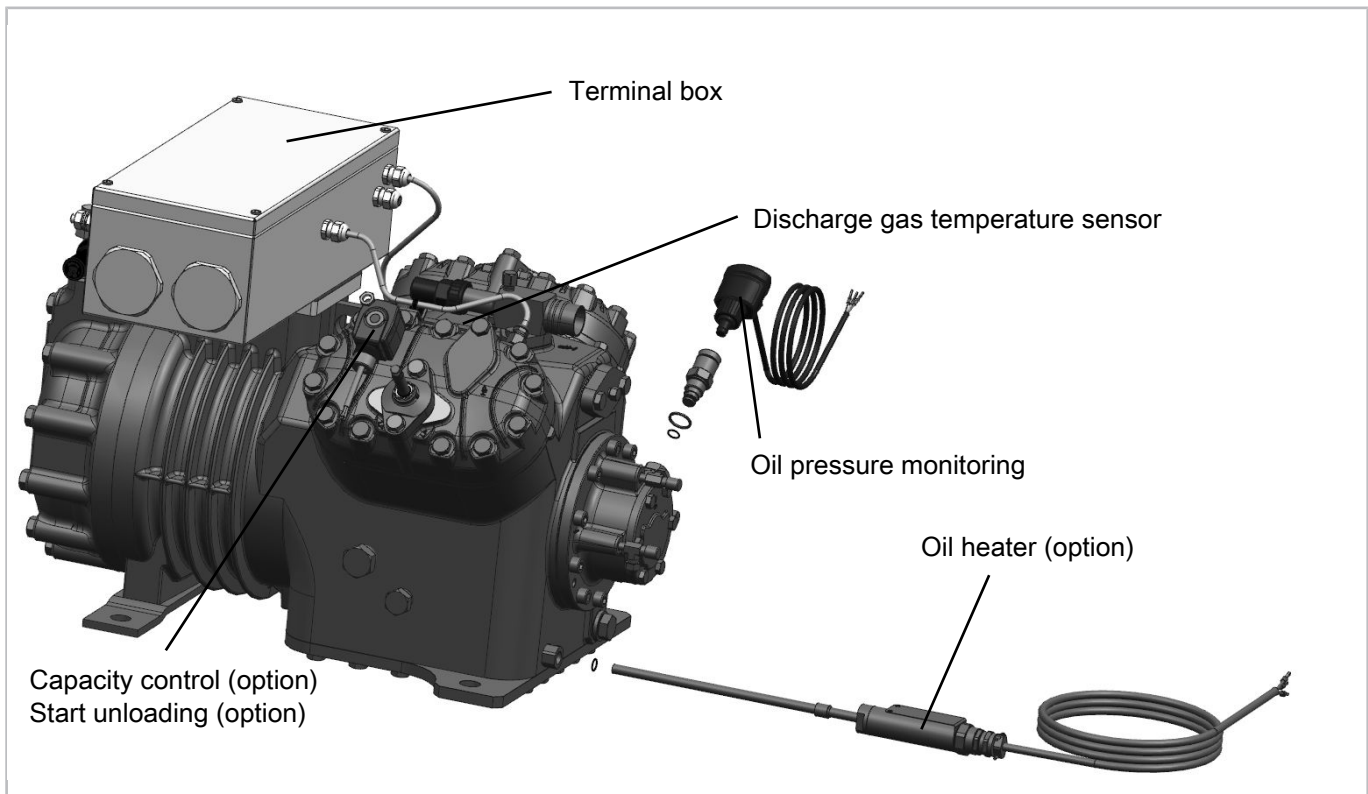


Fig. 6: 4JE(P)-13.EX. ... 4FE(P)-35.EX.

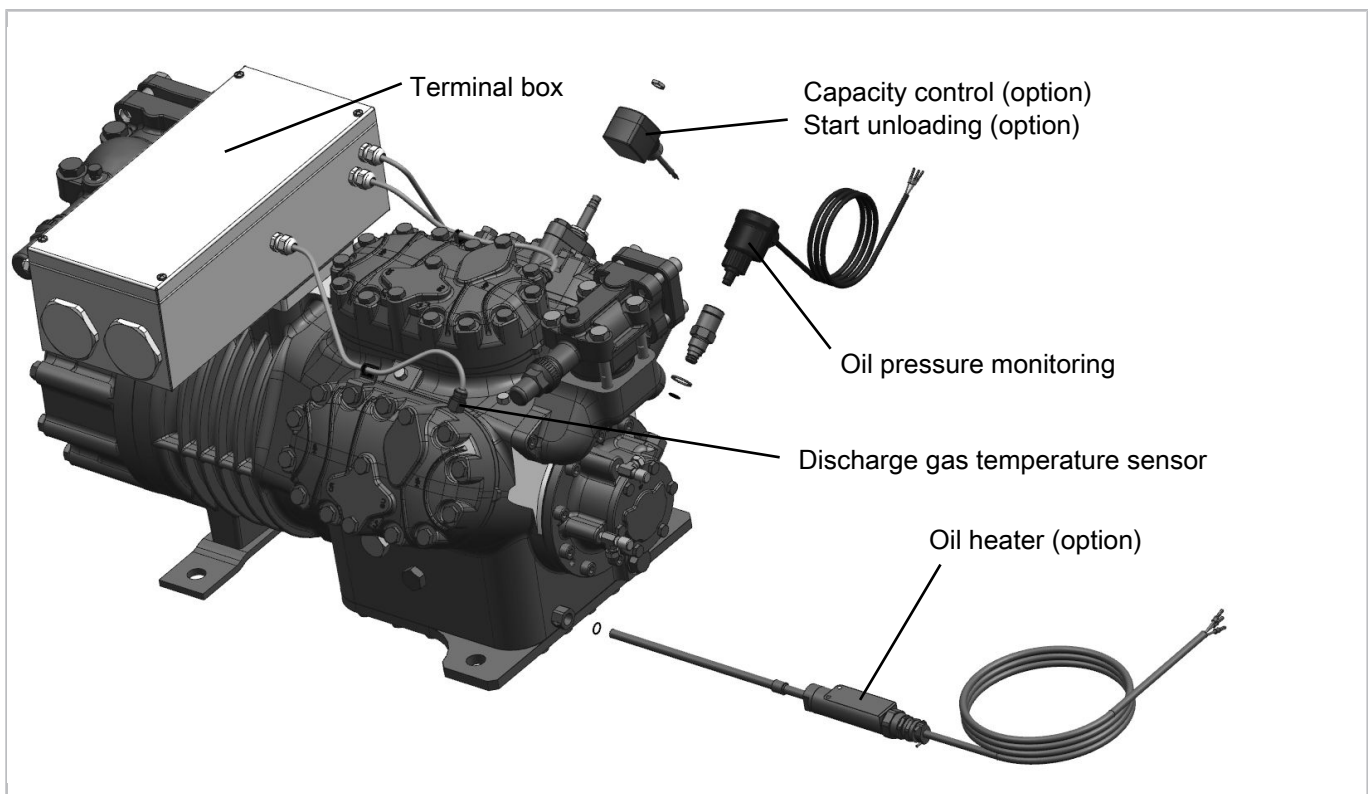


Fig. 7: 6JE(P)-22.EX. ... 6FE(P)-50.EX.

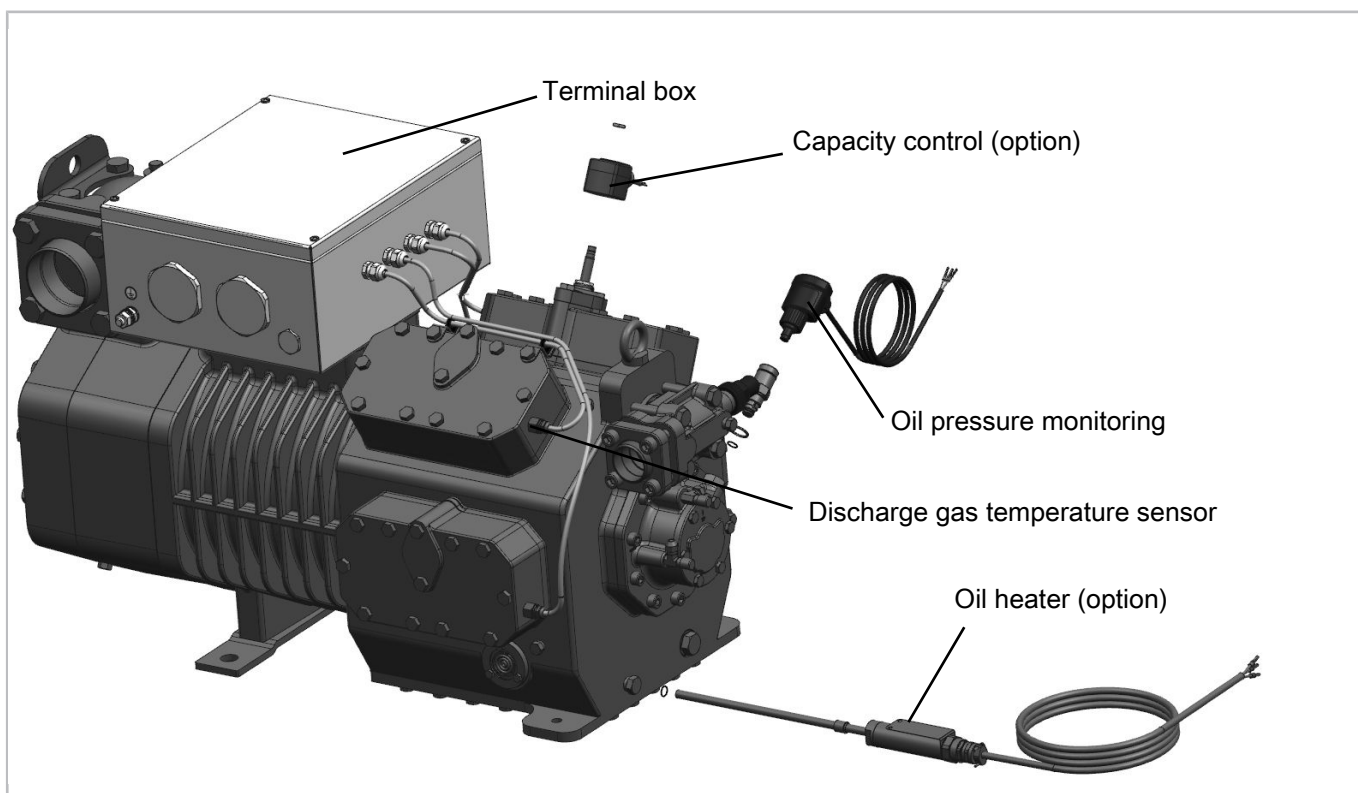


Fig. 8: 8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX.

5.2 Oil monitoring

Opto-electronic oil monitoring

2KES(P)-05.EX. .. 2FES(P)-3.EX.

2EES(P)-2.EX. .. 2CES(P)-4.EX.

- Explosion-proof opto-electronic oil monitoring, marking (Ex) II 1/2G Ex ia IIC T4 Ga/Gb. For technical details, see name plate, operating instructions and declaration of conformity of the manufacturer.
- Time delay: after compressor start 90 s, in operation 5 s
- Delay relay and time relay required in the switch cabinet.



DANGER

Explosion danger due to incorrectly connected opto-electronic oil monitoring!
Use only an opto-electronic oil monitoring suitable for use in a potentially explosive atmosphere and connect it together with a safety barrier or according to the manufacturer's documentation.

Mounting:

- Remove the pre-mounted sealing screw and the CU seal.
- Mount the screw-in part of the sensor and a new CU seal (tightening torque: 75 Nm).

Oil pressure switch INT250 Ex

4FE(P)-3.EX. .. 4BE(P)-9.EX.

4VE(P)-6.EX. .. 4NE(P)-20.EX.

4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX.

6JE(P)-22.EX. .. 6FE(P)-50.EX.

8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX.

- Oil pressure monitoring for compressor with integrated oil pump.
- Oil pressure switch with Reed contact, EEB. For technical details, see name plate and manufacturer's documentation.
- Connect with a safety barrier.
- Delay relay and time relay (90 sec) required in the switch cabinet.



DANGER

Explosion danger due to incorrectly connected oil pressure switch!



Use only an oil pressure switch suitable for use in a potentially explosive atmosphere and connect it together with a safety barrier or according to the manufacturer's documentation.

Mounting:

- Remove the sealing plug and the CU seal.
- Mount the screw-in part of the sensor included in the delivery and the new CU seal (tightening torque: 75 Nm).
- Mount the electric evaluation unit (tightening torque 10 Nm).

5.3 Oil heater

- Explosion-proof oil heater, marking (Ex) II 2G Ex db IIC T3. For technical details, see name plate, operating instructions and declaration of conformity of the manufacturer.



DANGER

Risk of explosion due to an incorrectly mounted oil heater!



Only use the oil heater approved by BITZER and authorised for the use in potentially explosive atmosphere!

Mounting:

2KES(P)-05.EX. .. 2FES(P)-3.EX.:

- Remove the plastic sealing plug.
- Introduce the heat transfer paste into the housing bore.
- Screw the heater into the housing bore (tightening torque: 60 Nm).

2EES(P)-2.EX. .. 2CES(P)-4.EX., 4FE(P)-3.EX. .. 4BE(P)-9.EX.:

- Remove the plastic sealing plug.
- Remove the bearing cover fastening screw on the right side of the heating bore.
- Slide the O ring included in the delivery onto the heating pipe until the holder.
- Introduce the heat transfer paste into the housing bore.
- Insert the heater completely into the housing bore. Check O-ring for tight seat.

- Secure the heater with the bearing cover fastening screw (tightening torque: 80 Nm).

4VE(P)-6.EX. .. 4NE(P)-20.EX.:

- Remove the plastic sealing plug.
- Remove the bearing cover fastening screw on the right side of the heating bore.
- Slide the O-ring included in the delivery onto the heating pipe until the holder.
- Introduce the heat transfer paste into the housing bore.
- Introduce the heat transfer paste into the housing bore. Check O-ring for tight seat.
- Secure the heater with the bearing cover fastening screw (tightening torque: 80 Nm).

4JE(P)-13.EX. .. 4FE(P)-35.EX., 6JE(P)-22.EX. .. 6FE(P)-50.EX., 8GE(P)-50.EX. .. 8FE(P)-70.EX.:

- Remove the plastic sealing plug.
- Slide the O-ring included in the delivery onto the heater.
- Introduce the heat transfer paste into the heater sleeve.
- Insert the heater completely into the heater sleeve.
- Tighten the clamping screw of the heater sleeve (tightening torque: 7 Nm).

5.4 Capacity control (CR) and start unloading (SU)

- Option
- ATEX marking Ex II 2D Ex mb IIIC 130C Db and Ex II 2G Ex mb IIC T4 Gb
- For technical details, see name plate of the coil, operating instructions and declaration of conformity of the coil manufacturer.
- Operation is only permitted within the application limits.
- Limited application range when operated with capacity control: Maximum allowable pressure difference between high pressure and suction pressure: 23 bar.



DANGER

Risk of explosion due to the use of non-explosion-proof solenoid coils!



Only use the solenoid coils approved by BITZER and authorised for the use in potentially explosive atmosphere!



WARNING

The compressor is under pressure!
 Serious injuries are possible.
 Depressurize the compressor!
 Wear safety goggles!

Mounting:

Mount the coils onto the pre-assembled CR flanges.

Mount the coil fastening nuts (tightening torque: 5 Nm).

5.5 Terminal box



DANGER

Explosion danger due to the use of non-explosion-proof terminal box!
 Use only a terminal box approved for use in a potentially explosive atmosphere and authorised by BITZER!

Below the terminal box there is a drain plug for moisture. This plug has been attached with glue and must not be removed!

Take appropriate measures to avoid condensation in the terminal box!

6 Electrical connection

Any work on the electric system may only be performed by qualified and authorised staff who have been instructed especially in the area of explosion protection. The local regulations and directives with respect to the qualification and expertise of the skilled personnel shall apply.

Connect the safety barrier according to the schematic wiring diagrams in these operating instructions (see chapter safety barriers, page 37)!

Observe the manufacturer's documentation of the components used!

Compare the specifications on the name plates with the specifications of the existing power supply system. Connect the device only if the specifications on the name plates match those of the existing power supply system.

The connection is designed according to the current data on the name plate.

6.1 Terminal box and screwed cable glands

- The terminal box and screwed cable glands must be properly sealed!
- The enclosure class IP65 must be assured!
- For 4JE(P)-13.EX. ... 4FE(P)-35.EX. and 6JE(P)-22.EX. ... 6FE(P)-50.EX.: Power cable: max. cross section: 50 mm²
- Use explosion-proof screwed cable glands according to the manufacturer's specification. Make sure that the cable and screwed cable gland diameters are properly assigned!



DANGER

Explosion danger due to icing of the compressor!
 Prevent the compressor from icing in the low temperature refrigeration range in order to avoid a short-circuit (e.g. by using an appropriate suction gas superheat)! Carefully adjust the suction gas temperature and check the compressor for icing at regular intervals!

6.2 Compressor motor

Protect the compressor motor by means of a thermal overload relay!

6.3 Compressor protection devices

Connect the compressor protection devices outside the Ex zone, e.g. in the switch cabinet, and connect an appropriate safety barrier! The distance between compressor protection device and safety barrier may be no more than 10 m!

- For evaluation of the discharge gas temperature sensor, check the polarity of the cable and wire it accordingly.
- Ensure correct triggering of the compressor protection device, for example by operating the compressor protection device and the safety barrier for test purposes in an atmosphere subjected to clearance measurement.



DANGER

Explosion danger due to incorrectly connected cable for evaluation of the discharge gas temperature sensor!
 Safe cut-out of the compressor upon reaching the triggering temperature cannot be assured. For evaluation of the discharge gas temperature sensor, check and observe the polarity of the cable!

6.4 High and low pressure limiters (HP and LP)

The compressor must not be operated in the vacuum range and only according to the indications on the name plate.



DANGER

Explosion danger due to an incorrectly connected pressure limiter!



Connect only high and low pressure limiters (HP and LP) suitable for a potentially explosive atmosphere and connect them together with a safety barrier according to the manufacturer's documentation!



DANGER

Explosion danger due to the entry of non condensable gas!



When the system is operated outside the permitted application limits and/or with insufficient oil cooling and/or at negative pressure, non condensable gas may enter the system.

Do not operate the system at negative pressure and only within the permitted application limits and protect it by means of suitable safety devices (e.g. low pressure limiter)!

Use a sufficiently dimensioned heat exchanger!

6.5 Discharge gas temperature sensor

safety barrier Pepperl + Fuchs KCD2-RR-Ex1 resp. KCD2-RR2-Ex1 (or device with identical functions) required.

- Discharge gas temperature sensor PTC, EEB For technical details, see name plate and manufacturer's documentation.
- Break point 140°C (cut-out point of the compressor).



DANGER

Risk of explosion due to hot surfaces!

The surface temperature of 140°C must not be exceeded at any point!



DANGER

Explosion danger due to an incorrectly connected discharge gas temperature sensor!



Use only a discharge gas temperature sensor suitable for use in a potentially explosive atmosphere and connect it together with a safety barrier or according to the manufacturer's documentation.

6.6 Earthing

All conductive components, including the pipelines, must be connected to the equipotential bonding.



DANGER

Risk of explosion due to the discharge of electrostatic charges!



Use only devices suitable for potentially explosive atmospheres and assess and list them in the explosion protection document of the end user! Do not operate the devices in the vicinity of processes producing high charges (e.g. mechanical separation processes)!

Take measures against electrostatic charging of non-metallic components, tools, auxiliaries and clothing!

Wear, for example, suitable antistatic clothing, use low-sparking tools, a moist cloth for cleaning, and perform additional earthing of conductive parts.

6.7 Operation with frequency inverter



NOTICE

Risk of bearing damage due to high-frequency bearing currents.

Select cables, earthing and shielding in accordance with the manufacturer's documentation for the frequency inverter.

Correct wiring and earthing reduces possible high-frequency bearing currents.

Parameterize the frequency inverter in accordance with the information on the type plate, the manufacturer's documentation for the frequency inverter and the BITZER SOFTWARE.

6.8 safety barriers

Configuration

Pepperl + Fuchs KFD2-SR2-Ex1.W

Switch	Function	Description	Position
1	Direction of action output 1	In case of high input current	I
2	No function		I
3	Wiring error detection	Off	II

Pepperl + Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W

Switch	Function	Description	Position
1	Direction of action output 1	In case of high input current	I
2	Direction of action output 2	In case of high input current	I
3	Wiring error detection	Off	II

Pepperl + Fuchs KCD2-RR-Ex1 or KCD2-RR2-Ex1

Switch	Function	Description	Position
1	Input resistance	2- or 4-conductor	II

Pepperl + Fuchs KFU8CRG2-Ex1.D

Unit:		mA
Input	→Wiring error→Cable breakage:	active
	→Wiring error→Short-circuit	active
	Zero point:	4 mA
	Conversion factor:	1
	Linearisation:	Off
	Smoothing	3 s

Output Relay 1:		Minimum level monitoring	Maximum level monitoring
	Break point	10.5 mA	11.5 mA
	Hysteresis	1.0 mA	1.0 mA
	Switching direction	Min	Max
	Direction of action	inactive	inactive
	Restart lockout	Off	Off
	Response delay	0 s	0 s

Output Relay 2:		Minimum level monitoring	Maximum level monitoring
	Break point	10.5 mA	11.5 mA
	Hysteresis	1.0 mA	1.0 mA
	Switching direction	Min	Max
	Direction of action	active	active
	Restart lockout	Off	Off
	Response delay	0 s	0 s

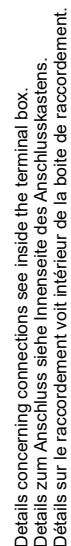


Fig. 9: ECOLINE compressor with discharge gas PTC

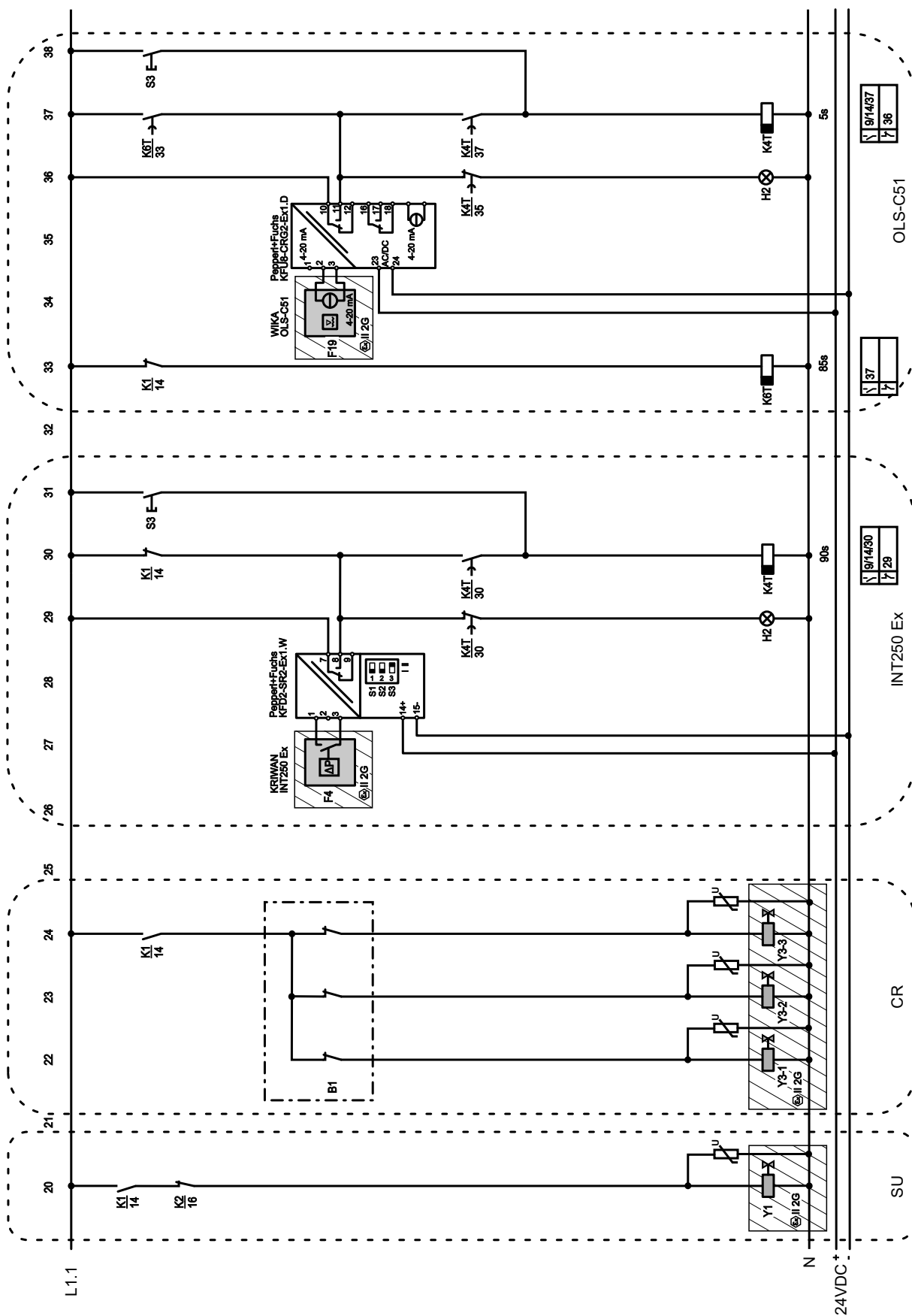


Fig. 10: Additional functions

Abbr.	Component
B1	Superior controller
F1	Main fuse
F2	Compressor fuse
F3	Control circuit fuse for low voltage
F4	Differential oil pressure switch
F5	High pressure switch
F6	Low pressure switch
F12	Oil heater fuse
F13	Overload protective device
F14	Overload protective device
F17	Control transformer fuse
F18	Control circuit fuse for extra low voltage
F19	Oil level switch
H2	Light "oil supply fault"
H4	Light "motor temperature too high"
K1	Contactors "1st part winding" (PW) or main contactor (star-delta)
K2	Contactors "2nd part winding" (PW) or delta contactor (star-delta)
K3	Star contactor (star-delta)
K1T	Time relay "part winding start" 0.5 s or "star-delta start"
K2T	Time relay "pause time" 300 s
K3T	Time relay "oil supply fault"
K4T	Time relay "alarm delay" 5 s
K6T	Time relay "oil level switch"
M1	Compressor
Q1	Main switch
R1..6	Temperature sensor in motor winding
R7	Discharge gas temperature sensor (each cylinder head is equipped with a discharge gas temperature sensor, including a safety barrier)
R8	Oil heater
S1	Control switch (on/off)
S2	Reset "overtemperature" (motor / discharge gas) and "lack of oil"
S3	Reset "lack of oil"
T1	Control transformer (example of 230 V, required according to EN60204-1)
U	Interference suppressor (if required)
Y1	Solenoid valve "start unloading"
Y2	Solenoid valve "liquid line"
Y3	Solenoid valve "capacity control"

Abbr.	Component
SE-*	Compressor protection device for motor and discharge gas temperatures

7 Maintenance and repair

The end user is not allowed to perform repair work on the compressor/pressure vessel!



DANGER

Explosion danger during maintenance work! Maintenance work may only be carried out if there is no potentially explosive atmosphere. The atmosphere must be permanently monitored!

Observe the manufacturer's documentation of the components used!

Use only original BITZER spare parts!

7.1 Updating a data protocol

- Check and log all operating data.
- In case of deviations, determine the source of the problem and eliminate it.

7.2 Cleaning the system

Clean the system as needed but at least every six months.



DANGER

Risk of explosion due to dust and oil! Avoid all contamination!

Clean the whole system as needed but at least every six months.



DANGER

Risk of explosion due to the discharge of electrostatic charges!

Use only devices suitable for potentially explosive atmospheres and assess and list them in the explosion protection document of the end user! Do not operate the devices in the vicinity of processes producing high charges (e.g. mechanical separation processes)!

Take measures against electrostatic charging of non-metallic components, tools, auxiliaries and clothing!

Wear, for example, suitable antistatic clothing, use low-sparking tools, a moist cloth for cleaning, and perform additional earthing of conductive parts.

7.3 Checking the electrical components

Check electrical components every six months.

- De-energise the system and perform a clearance measurement of the atmosphere before starting maintenance work. This applies in particular to the control voltage of the solenoid coils.
- Check the cable connections of the motor and the safety barriers.
- Check the motor contactor contacts and replace them if necessary.

7.4 Checking the discharge gas temperature sensor and the safety barriers

Check the discharge gas temperature sensor and the safety barriers once a year.

- Perform a clearance measurement of the atmosphere
- Discharge gas temperature sensor (PTC): Resistance $< 500 \Omega$
- Check the compressor protection device:
 - Disconnect the discharge gas temperature sensor. The compressor protection device must now indicate a fault.
 - Reset the safety barriers: Connect the discharge gas temperature sensor and press the reset button.
 - Install the safety barriers outside the Ex zone and use suitable safety barriers!

80412002 // 12.2024

Änderungen vorbehalten
Subject to change

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

KT-420-6

Einsatz von externen Frequenzumrichtern bei BITZER Hubkolbenverdichtern

Deutsch 2

Operation of BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters

English..... 27

2KES .. 4NES

4VE .. 6FE

2NSL .. 4NSL

2MME .. 8PME

2MTE .. 8CTE

4PTEU .. 6CTEU

2T.2 .. 6F.2

W2TA .. W6FA

PDF Download // 01.2024

Änderungen vorbehalten
Subject to change

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	5
3	Betrieb mit Frequenzumrichter	6
3.1	Kälteleistung und Anlageneffizienz	6
3.2	Anwendungsbereiche	7
4	Auswahl	11
4.1	Auswahl mit der BITZER SOFTWARE	11
4.2	Verdichtermotoren	15
4.3	Zu beachten bei offenen Verdichtern	17
4.4	Zu beachten bei Tandem- und 2-stufigen Verdichtern	17
5	Geeignete Schutzeinrichtungen	17
6	Elektrischer Anschluss von Verdichter und Frequenzumrichter	19
6.1	Kabelführung	21
6.2	Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte	22
6.3	Anstieg der Impulsspannung an den Motorklemmen	22
6.4	Sicherheitskette	23
6.5	Blindstromkompensation	23
6.6	Fehlerstromschutzschalter	23
6.7	Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor)	23
7	In Betrieb nehmen	24
7.1	Konfiguration des Frequenzumrichters	24
7.2	Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen	26
7.3	Schalzhäufigkeit und Mindestlaufzeiten	26

1 Einleitung

Mit Frequenzumrichtern kann die Kälteleistung des Verdichters durch Drehzahlregelung stufenlos an den Kältebedarf der Anlage angepasst werden. Der nachfolgende Leitfaden erläutert Auslegung, Betrieb, Einsatzbereiche und Besonderheiten von

- BITZER Hubkolbenverdichtern
- in Kombination mit externen, separat montierten Frequenzumrichtern zur Drehzahlregelung, z.B. dem BITZER VARIPACK.

Alle BITZER Hubkolbenverdichter sind konstruktiv für einen Betrieb ober- und unterhalb der Netzfrequenz ausgelegt und können damit über ein besonders breites Leistungsspektrum betrieben werden.

Vorteile des Betriebs mit Frequenzumrichter (FU):

- höhere Anlageneffizienz insbesondere bei Teillast
- genauere Temperaturführung möglich
- exakte Medienvorlauftemperatur bei kritischen Prozesskühlungen und Wärmepumpen
- höhere effektive Verdampfungstemperaturen, dadurch geringere Austrocknung unverpackter Lebensmittel und Rohstoffe in Kühlräumen sowie geringere Vereisung am Verdampfer
- weniger Verdichteranläufe
- geringere Belastung des Motors und des Stromnetzes durch integrierten Sanftanlauf: Anlaufstrom geringer als bei Direktanlauf, Sanftanlauf, Stern-Dreieck- oder Teilwicklungsanlauf
- höhere Kälteleistung durch Betrieb oberhalb der Netzfrequenz in vielen Fällen möglich (erlaubt Einsatz eines Verdichters mit geringerem Fördervolumen bei Netzfrequenz 50 oder 60 Hz, ggf. niedrigere Kosten pro kW Kälteleistung)

Die Abbildung unten zeigt die geringeren Temperaturschwankungen bei Regelung mit Frequenzumrichter:

- Ein/Aus-Regelung, linkes Drittel: große Temperaturschwankungen, relativ niedrige mittlere effektive Verdampfungstemperatur (dünne gepunktete Linie)
- Gestufte mechanische Regelung, mittleres Drittel: reduzierte Temperaturschwankungen durch schnellere Regelung, höhere mittlere effektive Verdampfungstemperatur und dadurch höhere Effizienz
- Regelung mit Frequenzumrichter, rechtes Drittel: sehr gleichmäßige Raumtemperatur bzw. Medienvorlauftemperatur ($\pm 0,5$ K möglich) durch stufenlose Regelung, höhere mittlere effektive Verdampfungstemperatur und dadurch höhere Effizienz sowie z.B. geringere Entfeuchtung unverpackter Lebensmittel und Rohstoffe

Durch den Einsatz eines Frequenzumrichters lässt sich die mittlere Verdampfungstemperatur z.B. von -7 auf $-4,5^{\circ}\text{C}$ steigern. Eine um 1 K höhere Verdampfungstemperatur erhöht die Anlageneffizienz um bis zu 3%.

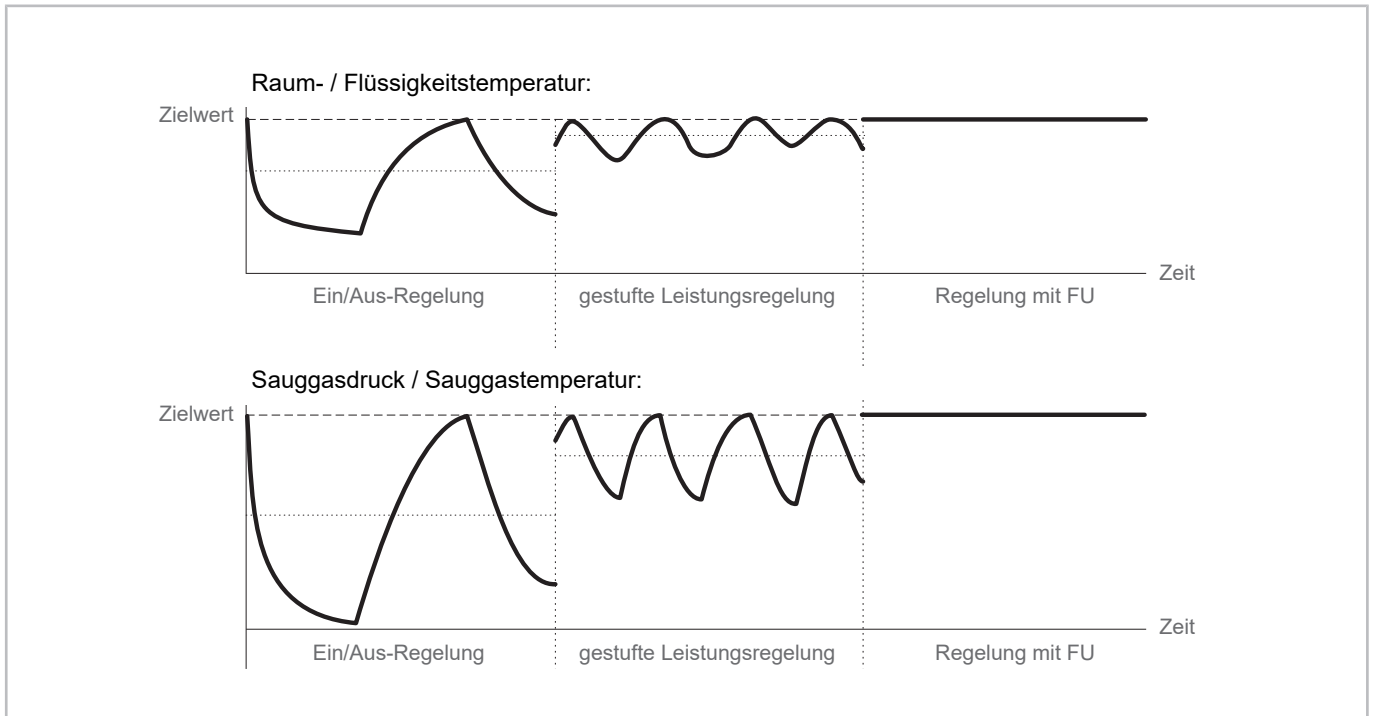


Abb. 1: Leistungsregelung mit Frequenzumrichter (FU) im Vergleich zur Ein/Aus- und gestuften mechanischen Leistungsregelung

Die Kälteleistung in Abhängigkeit von der Last ist in der folgenden Grafik dargestellt. Der Frequenzumrichter ist v.a. bei Teillast-Betrieb im Vorteil.

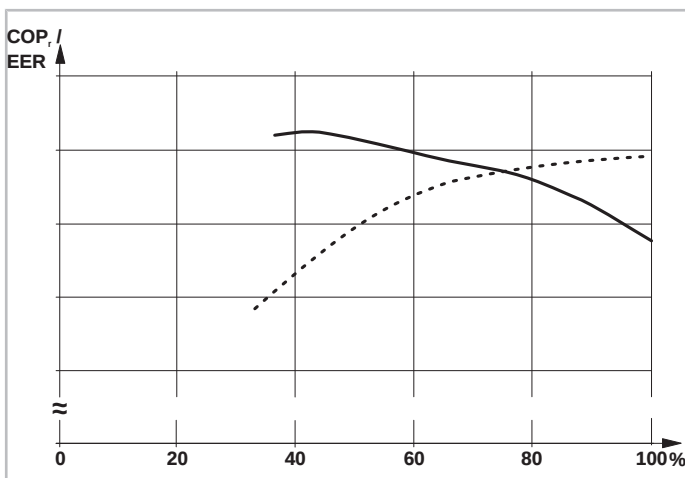


Abb. 2: Vergleich der Regelcharakteristik eines Hubkolbenverdichters Typ 6JE mit CR-Regelung vs. Frequenzumrichter (FU): Leistungszahl COP/EER (Verhältnis Kälteleistung zu aufgenommener Leistung) in Abhängigkeit von der Last.

Gepunktete Kurve: CR-Regelung.

Durchgezogene Kurve: Regelung mit FU.

Betriebsbedingungen: R449A, t_0 : -10°C / t_c : 45°C / Δt_{oh} : 20 K

Bei der CR-Regelung liegt das Optimum immer bei 100%, bei FU-Betrieb liegt es im Teillastbereich und lässt sich durch Auslegung des Verdichters und des Regelbereiches verschieben. Durch den Zielkonflikt zwischen hohem Vollast-COP/EER und hoher Teillasteffizienz ist bei der Auslegung ein Kompromiss erforderlich.

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
- 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

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. 3: 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 Betrieb mit Frequenzumrichter

3.1 Kälteleistung und Anlageneffizienz

Mechanische Leistungsregelung

Die Kälteleistung eines Hubkolbenverdichters kann mechanisch an den Kältebedarf der Anlage angepasst werden, z.B. durch:

- Absperren des Saugkanals
- Absperren des saugseitigen Gasflusses zu einzelnen Zylinderbänken
- in Verbundanlagen auch (zusätzlich) durch Ein- und Ausschalten einzelner Verdichter

Der Verdichter wird bei konstanter Drehzahl betrieben, die Drehzahl des Motors korreliert direkt mit der Netzfrequenz. Daraus resultieren für 4-polige Asynchronmotoren Nenndrehzahlen von

- 1450 min^{-1} bei 50 Hz bzw.
- 1750 min^{-1} bei 60 Hz.

Leistungsregelung mit Frequenzumrichter

Das durchschnittliche Drehmoment an der Verdichterwelle hängt v.a. von den Betriebsbedingungen und dem Kältemittel ab und bleibt daher über einen breiten Drehzahl-/Frequenzbereich annähernd konstant. Kälteleistung und Leistungsaufnahme variieren deshalb annähernd proportional zur Drehzahl (siehe Abb. unten), die Kälteleistung kann mithilfe der Drehzahl stufenlos angepasst werden. Die zulässigen Drehzahlen für BITZER Verdichter sind unten dokumentiert (*Anwendungsbereiche*).

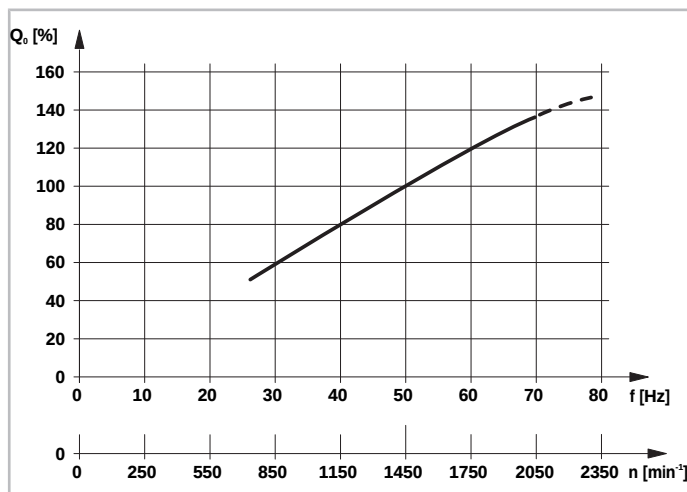


Abb. 4: Typischer Verlauf der Kälteleistung Q_0 in Abhängigkeit von Drehzahl und Frequenz bei Hubkolbenverdichtern

HINWEIS

Gefahr von Verdichterschaden und Motorausfall!

Betrieb mit Frequenzumrichter nicht mit mechanischer Leistungsregelung des Verdichters kombinieren! Aufgrund des stark verringerten Kältemittel-Massenstroms wäre speziell bei niedrigen Drehzahlen eine ausreichende Motorkühlung nicht sichergestellt. Ausnahmen bei Schraubenverdichtern ggf. in Abstimmung mit BITZER möglich.

Die elektrische Leistungsaufnahme bei Volllast ist geringfügig höher als bei Betrieb des Verdichters direkt am Netz. Dies ist auf Verluste im Frequenzumrichter zurückzuführen - verursacht durch die Verluste einzelner elektronischer Komponenten zur Leistungsumwandlung und zur Kühlung des Frequenzumrichters. Eine weitere Quelle für die Erwärmung des Motors und den reduzierten Motorwirkungsgrad sind Oberwellen: Je höher die Qualität des Frequenzumrichters und je besser er konfiguriert ist, desto geringer ist der Oberwellenanteil im Ausgangssignal.

Verschiedene Variablen im Umrichterbetrieb beeinflussen Betrieb und Anlauf des Verdichters:

- Der Spannungsverlauf begrenzt und regelt die Stromversorgung des Motors,
- die Schaltfrequenz des Stromrichters im Frequenzumrichter regelt Leistung und Zuverlässigkeit des Motors,
- die Anlaufsequenz und Spannungsverstärkung regeln den Anlauf des Verdichters.

Im Allgemeinen werden jedoch die Verluste durch den Frequenzumrichter normalerweise ausgeglichen durch Gewinne bei der Anlageneffizienz, indem man durch Anpassung der Verdichterleistung an die Anforderungen der Anlage einen effizienteren Zyklus nutzt. Umrichteranwendungen erhöhen daher normalerweise die Gesamteffizienz der Anlage unter "realen" Bedingungen.

Damit der Motor bei variabler Drehzahl immer an seinem Nennbetriebspunkt läuft, wählt man am Frequenzumrichter einen Regelmodus mit konstantem Spannungs-Frequenz-Verhältnis (U/f).

3.2 Anwendungsbereiche

Für einen sicheren Betrieb des Verdichters mit Frequenzumrichter unbedingt folgende Begrenzungsfaktoren berücksichtigen:

- minimale und maximale Frequenz (s. unten)
- maximale Motortemperatur
- maximale Druckgas- oder Öltemperatur und/oder Druckdifferenz ($p_c - p_o$)
- maximalen und minimalen Hochdruck
- maximalen Betriebsstrom des Verdichters
- maximale Verdampfungstemperatur

- minimale Druckdifferenz ($p_c - p_o$)
- minimalen Saugdruck – dieser sollte vorzugsweise leicht über dem atmosphärischen Druck liegen.
- ausreichende Zusatzkühlung

Diese Begrenzungsfaktoren definieren die Einsatzgrenzen für einen sicheren Betrieb. Sie können jedoch in Abhängigkeit von Frequenzbereichen und Betriebsbedingungen variieren.

Drehzahl- und Frequenzbereiche

Verdichter	Frequenzbereich (Hz)	Drehzahlbereich (min^{-1})	Standardmotor
Halbhermetische Hubkolbenverdichter			
ECOLINE			
2KES .. 2FES	30 .. 70	900 .. 2050	40S
2EES .. 2CES	30 .. 70	900 .. 2050	40S
4FES .. 4BES	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VES .. 4NES	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4VE .. 4NE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4JE .. 4FE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6JE .. 6FE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
OCTAGON SL R744 subkritisch			
2NSL .. 2FSL	30 .. 75	900 .. 2200	40S
2ESL .. 2CSL	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4FSL .. 4CSL	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VSL .. 4NSL	25 .. 70	750 .. 2050	40P
ECOLINE ME R744 subkritisch			
2MME .. 2FME	30 .. 75	900 .. 2200	40S
2EME .. 2DME	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4FME(M) .. 4DME(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4TME(M) .. 4PME(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6TME(M) .. 6PME(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8VME .. 8PME	30 .. 60*	900 .. 1750*	40D
ECOLINE R744 transkritisch			
2MTE .. 2KTE	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4PTE	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4MTE(M) .. 4KTE(M)			
4JTE(M) .. 4CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6FTE(M) .. 6CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8FTE .. 8CTE	30 .. 60	900 .. 1750	40D
ECOLINE+ R744 transkritisch (LSPM)			
4PTEU	25 .. 70	750 .. 2100	40S
4MTE(M)U .. 4KTE(M)U			
4JTE(M)U .. 4CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
6FTE(M)U .. 6CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
Offene Hubkolbenverdichter			
2T.2 .. 4G.2 W2TA .. W4GA		750 .. 1750	(externer Motor)

Verdichter	Frequenzbereich (Hz)	Drehzahlbereich (min ⁻¹)	Standardmotor
6H.2 .. 6F.2 W6HA .. W6FA		900 .. 1750	(externer Motor)
2TFR .. 2NFR		auf Anfrage	(externer Motor)
4UFC .. 6NFC		auf Anfrage	(externer Motor)

Tab. 1: Zulässige Drehzahl- und Frequenzbereiche von BITZER Hubkolbenverdichtern mit externen Frequenzumrichtern und Standardmotoren (zusätzlich die Einsatzgrenzen und maximale Stromaufnahme des Motors beachten)

*: Vorserie 30 .. 50 Hz

Mit dem VARISPEED bietet Bitzer eine eigene Verdichterserie mit integriertem Frequenzumrichter an, bei der Verdichter und Frequenzumrichter bereits aufeinander abgestimmt sind (siehe Betriebsanleitung [KB-100](#), Technische Informationen [KT-210](#) und [KT-220](#)):

- Verdichter 2DES-3.F1 mit Frequenz 30 .. 87 Hz
- Verdichter 4FE-5.F1 .. 4NE-20.F4 mit Frequenz 25 .. 87 Hz
- Verdichter 4PTE-7.F3K .. 4KTE-10.F4K mit Frequenz 25 .. 87 Hz

Auslegung bei anderen Anschlussspannungen und Netzfrequenzen

Weicht die Netzversorgung von den zuvor definierten Standardbedingungen (400 V/3/50 Hz) ab, sind ggf. Sonderstrommotoren und eine angepasste Auslegung des Frequenzumrichters erforderlich ([Verdichtermotoren](#)). Weitere Informationen auf Anfrage.

Einsatzgrenzen

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft Einsatzgrenzen eines Hubkolbenverdichters für unterschiedliche Frequenzen und wie sie sich mit der Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur verändern. Konkrete Einsatzgrenzen für die jeweiligen Verdichter, Motoren und Kältemittel sind in der BITZER SOFTWARE aufgeführt.

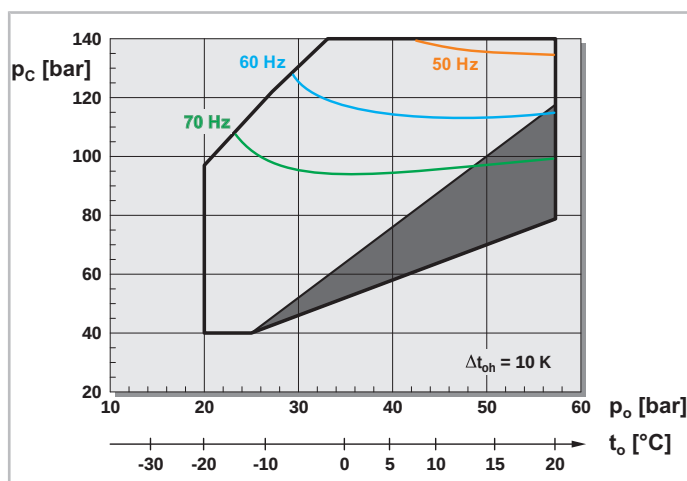


Abb. 5: Beispiel für Einsatzgrenzen von Hubkolbenverdichter 4MTE-10 mit Kältemittel R744 (CO₂) und Frequenzumrichter bei 50, 60 und 70 Hz (Beschränkungen durch die Motortemperatur oder maximale Stromstärke). Der Verdichter darf nur im Bereich **unterhalb** der Frequenzlinien betrieben werden (ggf. größeren Frequenzumrichter wählen).

t_o : Verdampfungs-temperatur, t_c : Verflüssigungstemperatur, Δt_{oh} : Sauggasüberhitzung

Dunkelgraue Fläche: Betriebsparameter beachten.

Schwingungen

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

- Druckpulsationen in der Druckgasleitung
- Drehmomentschwankungen, die auf die Verdichterbefestigung oder die Flanschverbindungen der Leitungen wirken
- Resonanzen in der Economiser-Leitung (bei Schrauben- und Scrollverdichtern)

Die Frequenz dieser Schwingungen steht in Zusammenhang mit der Betriebsfrequenz des Verdichters, die sich in einem breiten Bereich bewegen kann. Verglichen mit Anlagen mit fester Drehzahl (ohne Frequenzumrichter) verschärft sich dies in frequenzgeregelten Anlagen: Selbst wenn die Rohrleitungen bei einer bestimmten Drehzahl ausreichend sind, kann dies bei anderen Drehzahlen nicht der Fall sein. Aus diesem Grund müssen die Rohrleitungsschwingungen im gesamten Drehzahlbereich sowohl bei der Anlagenplanung als auch bei der Inbetriebnahme jeder einzelnen Anlage geprüft werden (*Konfiguration des Frequenzumrichters*).

Daten aus Schallmessungen für jeden Verdichter werden in der Technischen Information AT-340 und in der BITZER SOFTWARE, Registerkarte "Technische Daten" bereitgestellt.

4 Auswahl

4.1 Auswahl mit der BITZER SOFTWARE



Information

In der Bitzer Software ist eine Auslegung mit externem Frequenzumrichter bisher nur für halbhermetische Verdichter möglich.

Schritt 1: Verdichter wählen

Zunächst Kältemittel, Kälteleistung und Betriebspunkte sowie "Externer FU" wählen. Anschließend Berechnung starten durch Klick auf die Schaltfläche . Die Software bietet dann zwei geeignete Verdichter im Bereich der maximalen Betriebsfrequenz an, jeweils mit ihrem Standardmotor (*Anwendungsbereiche*). Wird einer dieser Verdichter ausgewählt, gibt die Software Frequenz, Kälteleistung und Stromaufnahme (Spannung) aus:

The screenshot shows the Bitzer Software interface for selecting a compressor. The left panel contains various settings, and the right panel displays the results for the selected compressor.

Hubkolbenverdichter, Halbhermetisch

Modus: Kälte- und Klimaanlage
 Kältemittel: R744 (CO2)
 Bezugstemperatur: Taupunkt
 Verdichterart: Transkritisch
 Baureihe: Standard
 Betriebsart: Transkritisch
 Motorversion: alle

Verdichterwahl

☐ Kälteleistung: 16 kW
☒ Verdichtertyp: 4MTE-10K ☐ incl. frühere Typen

Betriebspunkt

Betriebsbedingungen

Leistungsregelung

☐ ohne
☒ Externer FU: 60Hz
☐ Gestuft: 100%

Netzversorgung

Netzfrequenz: 50Hz
 Netzspannung: Standard (400V)

Ergebnis

Verdichter 4MTE-10K-40 S

Verdichterfrequenz	60,0 Hz
Kälteleistung	24,9 kW
Kälteleistung *	24,9 kW
Verdampferleist.	24,9 kW
Leistungsaufnahme	8,18 kW
Strom (400V)	14,11 A
Gaskühlerleistung	33,1 kW
Leistungszahl	3,05
Massenstrom	491 kg/h
min. Kälteleistung	9,11 kW (25 Hz)
max. Kälteleistung	29,7 kW (70 Hz)
Druckgastemp. ungekühlt	88,6 °C
Opt. Hochdruck	75,0 bar(a)

Abb. 6: Die BITZER SOFTWARE zeigt Frequenz, Kälteleistung und Stromaufnahme (Spannung) für den gewählten Verdichter.

Durch schrittweises Erhöhen der Betriebsfrequenz (Schieber bei "Externer FU") kann für die gewählte Kombination aus Verdichter, Kältemittel und Betriebspunkt die maximal mögliche Betriebsfrequenz ausfindig gemacht werden. Für einen Betrieb oberhalb dieser Frequenz ist evtl. eine größere Motorversion (wählbar im Drop-Down-Menü "Verdichtertyp") oder ein Sonderspannungsmotor (*Verdichtermotoren*) erhältlich. Die Berechnung von Sonderspannungsmotoren für FU-Betrieb ist allerdings nicht in der BITZER SOFTWARE implementiert und erfolgt auf Anfrage.

Schritt 2a: BITZER VARIPACK Frequenzumrichter wählen (sofern verfügbar)

Oben in der Menüleiste den Reiter "Zubehör" wählen.



Information

Der Reiter für das Zubehörmodul wird erst nach einer zuvor erfolgten Berechnung aktiv!

Im Zubehörmodul kann direkt der passende Frequenzumrichter ausgelegt werden. Durch die modulare Bauweise der VARIPACK Frequenzumrichter steht ein breites Spektrum zur Verfügung, das flexibel, übersichtlich und optimal auf die BITZER Verdichter abgestimmt ist. Für Details dazu siehe Info-Button neben dem Schieber bei "Externer FU" .

Das Anlaufverhalten der Verdichter wurde für VARIPACK Frequenzumrichter optimiert, für die verschiedenen Kältemittel getestet, und die Ergebnisse wurden in der BITZER SOFTWARE hinterlegt. Damit ist hier immer ein sicherer Anlauf gewährleistet.

Zudem visualisiert die BITZER SOFTWARE die resultierenden Frequenzlimits der aktuell gewählten Kombination aus Verdichter, Kältemittel, Betriebspunkt und VARIPACK Frequenzumrichter in der Einsatzgrenze:

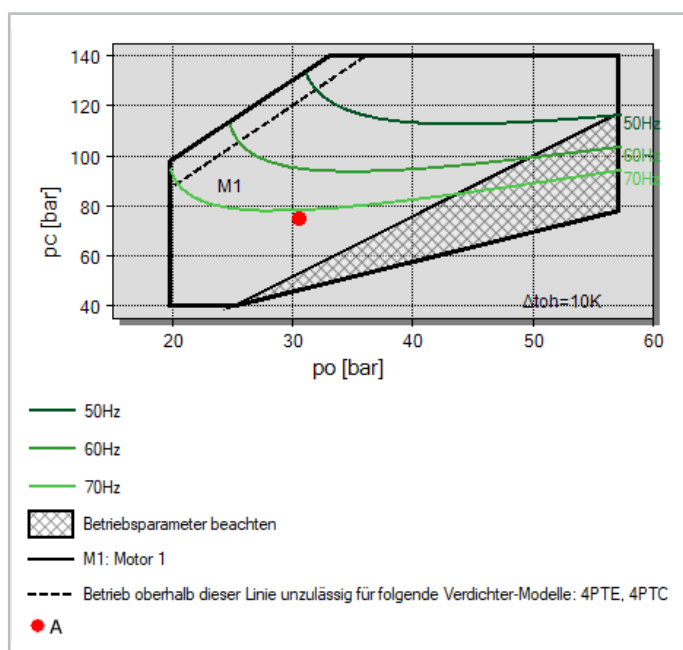
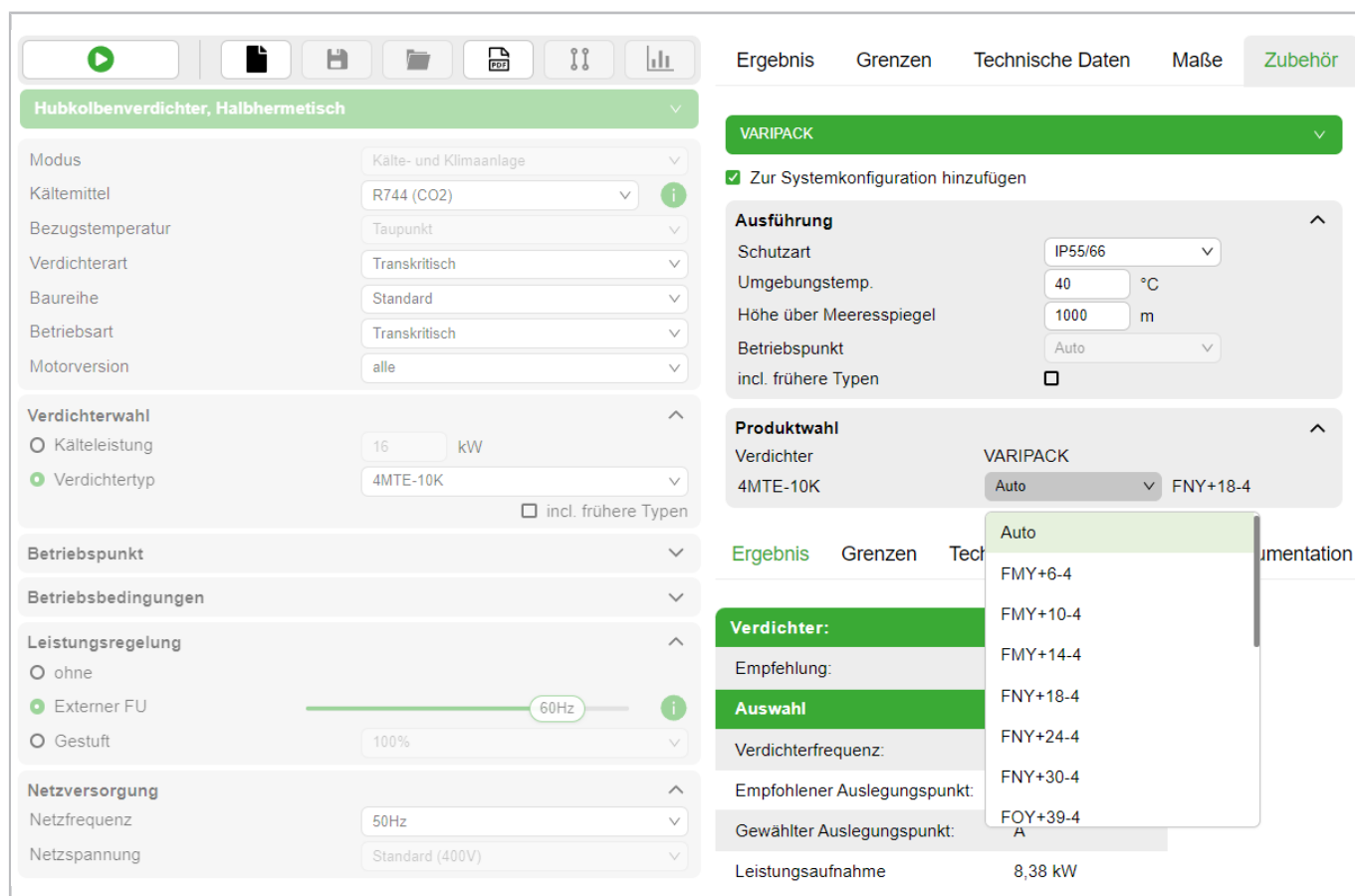


Abb. 7: Visualisierung der Einsatzgrenzen mit Frequenzumrichter in der BITZER SOFTWARE.

Sind geringere Einschränkungen hinsichtlich der maximal möglichen Frequenz gewünscht, können diese durch Auswahl eines größeren Frequenzumrichters ggf. angehoben werden (sofern nicht der Motor den limitierenden Faktor darstellt):



The screenshot displays the Bitzer software interface for configuring a system. The left sidebar contains various configuration sections: Hubkolbenverdichter, Halbhermetisch; Modus (Kälte- und Klimaanlage); Kältemittel (R744 (CO2)); Bezugstemperatur (Taupunkt); Verdichterart (Transkritisch); Baureihe (Standard); Betriebsart (Transkritisch); Motorversion (alle); Verdichterwahl (Kälteleistung: 16 kW, Verdichtertyp: 4MTE-10K); Betriebspunkt; Betriebsbedingungen; Leistungsregelung (Extener FU: 60Hz); Netzversorgung (Netzfrequenz: 50Hz, Netzspannung: Standard (400V)). The main area shows the 'Zubehör' (Accessories) tab selected, with a dropdown menu for 'VARIPACK' open. The dropdown lists various frequency converter models: Auto, FMY+6-4, FMY+10-4, FMY+14-4, FNY+18-4, FNY+24-4, FNY+30-4, and FOY+39-4. The 'Auswahl' (Selection) section shows the recommended and selected output points, and the 'Leistungsaufnahme' (Power consumption) is listed as 8,38 kW.

Abb. 8: Menü zur Wahl des VARIPACK Frequenzumrichters im Zubehörmódul der BITZER SOFTWARE.

Für weitere Details zum VARIPACK siehe Betriebsanleitung [CB-110](#).

Schritt 2b: Frequenzumrichter eines anderen Herstellers wählen

- Mindestens 10% Reserve für Betriebsstrom einplanen

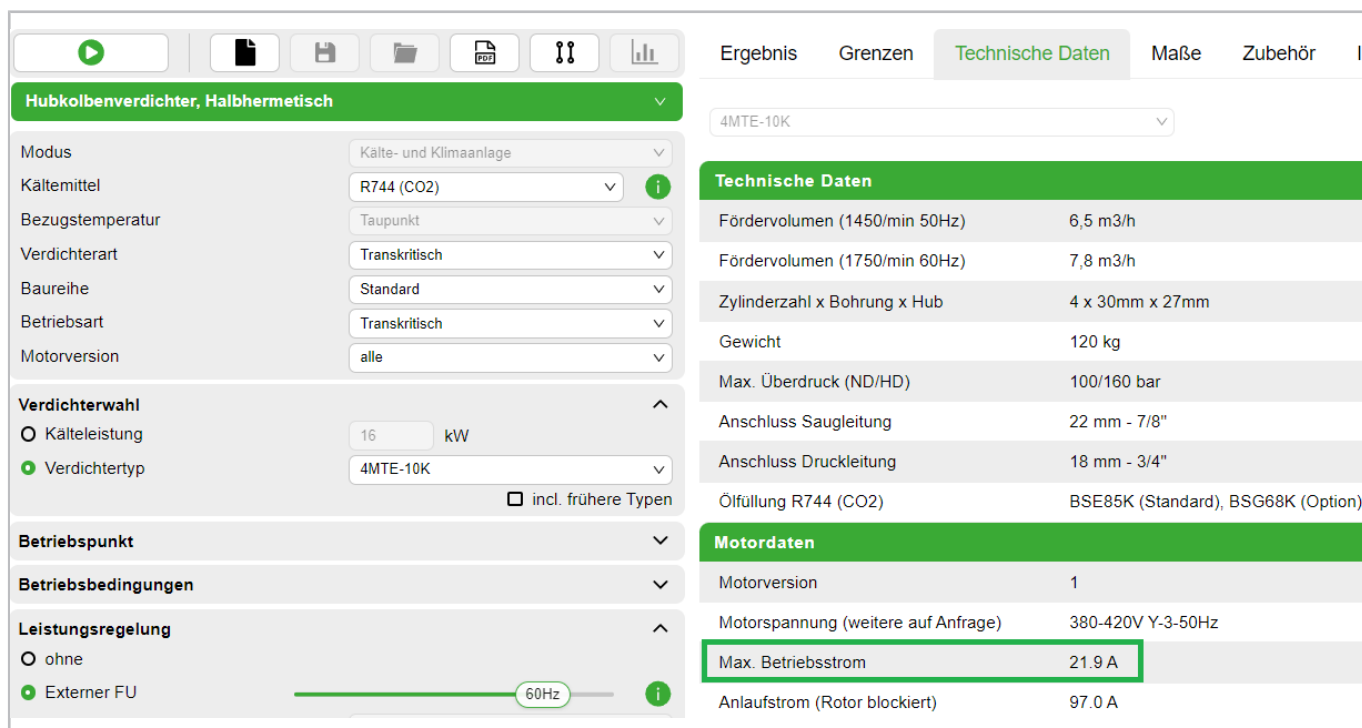
Der Frequenzumrichter muss den Verdichter bei allen Betriebsbedingungen kontinuierlich mit dem zu erwartenden Betriebsstrom versorgen können. Eine zusätzliche Reserve von mindestens 10% sollte eingeplant werden, um z.B. eine Unterspannung im Netz kompensieren zu können. Hat der Frequenzumrichter Begrenzerfunktionen, die unter solchen Umständen die maximale Frequenz limitieren, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten (wie z.B. der BITZER VARIPACK), kann die Reserve ggf. kleiner gewählt werden.

- Überlastfähigkeit für Verdichteranlauf berücksichtigen

Zusätzlich muss ein Ausgleichsfaktor F_c für den Strom beim Verdichteranlauf berücksichtigt werden. Da bei Hubkolbenverdichtern der Momentenverlauf über den Drehwinkel nicht gleichförmig ist (die Gleichförmigkeit nimmt mit steigender Zylinderzahl zu), ist bei kleinerer Zylinderzahl ein größeres Anlaufmoment erforderlich. Die Ausgleichsfaktoren sind:

- 2-Zylinder-Verdichter für R744: $F = 3$
- übrige 2-Zylinder-Verdichter: $F = 2,0$
- 4-Zylinder-Verdichter: $F = 1,6$
- 6-Zylinder-Verdichter: $F = 1,5$
- 8-Zylinder-Verdichter: $F = 1,4$

Dieser Faktor wird jeweils multipliziert mit dem "Max. Betriebsstrom", den die BITZER SOFTWARE im Reiter "Technische Daten" für den jeweiligen Motor angibt (s. Abb. unten). Dieser maximale Strom muss innerhalb der kurzfristigen Überlastfähigkeit des Frequenzumrichters liegen, andernfalls muss ein größerer Frequenzumrichter gewählt werden.



The screenshot shows the BITZER SOFTWARE interface with the following settings and data:

- Hubkolbenverdichter, Halbhermetisch** (selected)
- Modus:** Kalte- und Klimaanlage
- Kältemittel:** R744 (CO2)
- Bezugstemperatur:** Taupunkt
- Verdichterart:** Transkritisch
- Baureihe:** Standard
- Betriebsart:** Transkritisch
- Motorversion:** alle
- Verdichterwahl:**
 - ☐ Kälteleistung: 16 kW
 - ☒ Verdichtertyp: 4MTE-10K
 - ☐ incl. frühere Typen
- Betriebspunkt:** (empty)
- Betriebsbedingungen:** (empty)
- Leistungsregelung:**
 - ☐ ohne
 - ☒ Externer FU: 60Hz
- Technische Daten:**
 - 4MTE-10K (selected)
 - Fördervolumen (1450/min 50Hz): 6,5 m3/h
 - Fördervolumen (1750/min 60Hz): 7,8 m3/h
 - Zylinderzahl x Bohrung x Hub: 4 x 30mm x 27mm
 - Gewicht: 120 kg
 - Max. Überdruck (ND/HD): 100/160 bar
 - Anschluss Saugleitung: 22 mm - 7/8"
 - Anschluss Druckleitung: 18 mm - 3/4"
 - Ölfüllung R744 (CO2): BSE85K (Standard), BSG68K (Option)
- Motordaten:**
 - Motorversion: 1
 - Motorspannung (weitere auf Anfrage): 380-420V Y-3-50Hz
 - Max. Betriebsstrom: 21.9 A** (highlighted)
 - Anlaufstrom (Rotor blockiert): 97.0 A

Abb. 9: Der "Max. Betriebsstrom" aus der BITZER SOFTWARE (hier: 21,9 A) multipliziert mit einem verdichterspezifischen Faktor (für 4-Zylinder-Verdichter: $F = 1,6$) ergibt die nötige kurzfristige Überlastfähigkeit des Frequenzumrichters. Bei BITZER VARIPACK Frequenzumrichtern ist dies bereits in der Auslegung berücksichtigt.

4.2 Verdichtermotoren

Der Frequenzumrichter kann keine Spannung abgeben, die über seiner Anschlussspannung liegt. Das heißt: Die Stator-Spannung kann bei höherer Ausgangsfrequenz des Umrichters nicht mehr weiter ansteigen. Dadurch sinkt der Magnetisierungsstrom in der Hauptinduktivität, das Statorfeld und das Moment werden geschwächt.

Das bedeutet: Beim Anheben der Frequenz über die Synchrondrehzahl fällt das Spannungs-Frequenz-Verhältnis U/f . Da das vom Verdichter benötigte Moment konstant bleibt, wird die Stromaufnahme des Motors ansteigen (*siehe Abbildung 10, Seite 15*). Deshalb sollte der Motor bei Netzfrequenz ausreichende Reserve (Strom / Leistung) aufweisen. Die Frequenz / Drehzahl kann erhöht werden, bis der maximale Effektivwert des Motorstroms erreicht wird (siehe max. Betriebsstrom auf dem Typschild oder in der BITZER SOFTWARE).

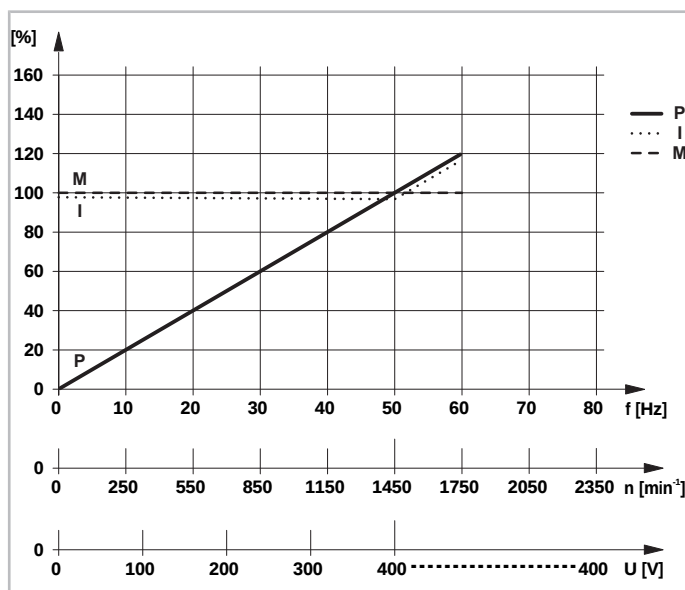


Abb. 10: Betriebscharakteristik eines Verdichtermotors bei Betrieb mit FU (400 V/3/50 Hz) mit Reserve.

P: max. Leistungsaufnahme Verdichter

M: max. Drehmoment des Motors an Verdichterwelle

I: max. Stromaufnahme Verdichter

f: Frequenz (Frequenzumrichter-Ausgang)

U: Ausgangsspannung (Frequenzumrichter)

Standardmotoren

Für übliche Anwendungen schlägt BITZER den Einsatz der Standardmotoren 40S oder 40P vor (*Anwendungsbeispiele*). Sie sind besonders ökonomisch und können in weiten Bereichen betrieben werden. In der BITZER SOFTWARE ist für jeden Verdichter der jeweilige Standardmotor aufgeführt. Die Anschlussspannung beträgt

- 400 V bei 50 Hz bzw.
- 460 V bei 60 Hz.

LSPM-Motoren

Die Verdichter mit den Buchstaben "U" und "L" in der Typenbezeichnung (z. B. 6CTEU-50LK) sind mit einem Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor) ausgestattet. Die darin enthaltenen Permanentmagnete erzeugen ein nicht vernachlässigbares magnetisches Feld, das jedoch vom Verdichtergehäuse abgeschirmt wird.



Abb. 11: Warn- und Verbotsschilder auf einem Verdichter mit Permanentmagnetmotor

Am Verdichter angebrachte Sicherheitszeichen



WARNUNG

Starkes Magnetfeld!

Magnetische und magnetisierbare Objekte fern halten!

Personen mit Herzschrittmachern, implantierten Defibrillatoren oder Metallimplantaten: mindestens 30 cm Abstand halten!

Sonderspannungsmotoren

Wird der Motor bei Standardbedingungen und Netzfrequenz bereits bis zum maximalen Betriebsstrom ausgelastet, kann ein Sonderspannungsmotor sinnvoll sein, um einen größeren Regelbereich zu ermöglichen. Dadurch kann auch im Bereich oberhalb der Netzfrequenz ein konstantes Spannungs-Frequenz-Verhältnis U/f eingehalten werden, es steht ein konstantes Drehmoment über den gesamten Anwendungsbereich zur Verfügung.



HINWEIS

Gefahr von Verdichterschaden und Motorausfall bei zu hoher Drehzahl!

Obere Drehzahlgrenze des Verdichters beachten! Siehe Einsatzgrenzen.

Bei Sonderspannungsmotoren bietet sich je nach Auslegung und/oder zulässigem Drehzahlbereich des Verdichters folgende Motoroption an (bezogen auf die Netzversorgung 400 V/3/50 Hz):

- 40S: 230 V/3/50 Hz (+73% Verdichterstrom) bei vollem Motordrehmoment – maximal zulässige Drehzahl des Verdichters beachten! (folgende Abb., Kurve ③)

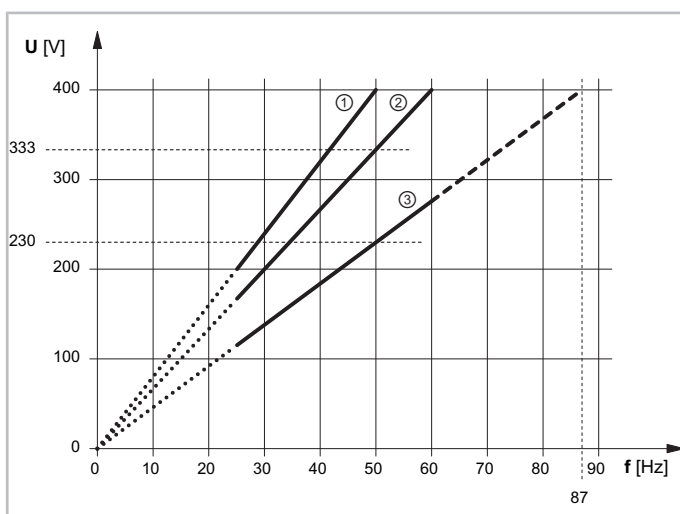


Abb. 12: Spannungsanstieg über der Frequenz bei verschiedenen Motoren

①: 400 V/3/50 Hz

②: 400 V/3/60 Hz

③: 230 V/3/50 Hz

Mit dieser Auslegung liegt der Betriebsstrom bei Kurve ② um das 1,2-fache bzw. bei ③ um das 1,73-fache höher als bei 400 V/50 Hz. Dadurch erhöhen sich die Kosten für den Frequenzumrichter bzw. er ist entsprechend zu dimensionieren.



Information

Ein Standardmotor erlaubt den Betrieb des Verdichters direkt mit Netzspannung, wenn der Frequenzumrichter ausfällt.

4.3 Zu beachten bei offenen Verdichtern

Motorzuordnung und Auslegung des Frequenzumrichters in Abstimmung mit den Herstellern vornehmen.



HINWEIS

Gefahr von Motorschaden durch unzureichende Kühlung!

Sicherstellen, dass der Motor bei jeder Drehzahl ausreichend gekühlt wird! Einsatzbereiche des Motors laut Hersteller beachten.

Motorschutz

Neben einem typischen Motorschutzschalter zur Strombegrenzung wird zusätzlich ein thermischer Motorwicklungsschutz empfohlen. Damit ist auch gewährleistet, dass der Motor nur bei zulässigen Temperaturen betrieben wird.

Kupplung und Wellenabdichtung

Die Kupplung sorgfältig auswählen (siehe BITZER SOFTWARE). Für einen Betrieb bei niedrigen Drehzahlen / Frequenzen muss eine Kupplung mit ausreichendem Massenträgheitsmoment ausgewählt werden. Siehe dazu auch die Technische Information KT-160.

4.4 Zu beachten bei Tandem- und 2-stufigen Verdichtern

Ölausgleich bei halbhermetischen Tandemverdichtern

In Tandemverdichtern kann sich bei Betrieb mit Frequenzumrichter ein unterschiedliches Ölniveau zwischen beiden Verdichterseiten einstellen. Deshalb muss zwischen beiden Seiten ein Ölniveau-Regelsystem oder Öl- und Gasausgleich installiert werden.

Kältemittleinspritzventil bei halbhermetischen 2-stufigen Verdichtern

Bei 2-stufigen Verdichtern muss im gesamten Drehzahlbereich eine ausreichende Überhitzung am Kältemittleinspritzventil sichergestellt sein. Dazu Ventil individuell auswählen.

5 Geeignete Schutzeinrichtungen

Für Hubkolbenverdichter mit Frequenzumrichter-Betrieb kommen prinzipiell die Schutzgeräte SE-B* und das Verdichtermodule CM-RC infrage.



WARNUNG

Gefahr von elektrischem Schlag!

Vor Arbeiten im Anschlusskasten, im Modulgehäuse und an elektrischen Leitungen: Hauptschalter ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern!

Vor Wiedereinschalten Anschlusskasten und Modulgehäuse schließen!

Schutzgeräte SE-B*

Siehe Technische Information CT-120.



HINWEIS

Ausfall des Verdichterschutzgeräts und des Motors durch fehlerhaften Anschluss und/oder Fehlbedienung möglich!

Klemmen M1-M2 oder T1-T2 am Verdichter und B1-B2 am Schutzgerät sowie die beiden Fühlerkabel des Schutzgeräts dürfen nicht mit Steuer- oder Betriebsspannung in Berührung kommen!

Verdichtermodule CM-RC-01

Siehe Technische Information KT-230. Zur Montage des CM-RC-01 Komplettierungsbausatzes siehe auch:

- KW-231 für Verdichter 4JE .. 4FE und 6JE .. 6FE
- KW-232 für Verdichter 4VES .. 4NES
- KW-233 für Verdichter 4FES .. 4BES
- das Video unter folgendem Link: www.youtube.com/watch?v=pASKgiWnw4g



HINWEIS

Beschädigung oder Ausfall des Verdichtermoduls möglich!

An die Klemmen von CN7 bis CN12 keine Spannung anlegen – auch nicht zum Prüfen!

An die Klemmen von CN13 maximal 10 V anlegen!

An die Klemme 3 von CN14 maximal 24 V, an die anderen Klemmen keine Spannung anlegen!

An Spannungsausgänge niemals Spannung anlegen, auch nicht zum Prüfen.

Verdichtermodule CM-RC-02

Siehe folgende Technische Informationen:

- KT-240: Technische Information Verdichtermodule CM-RC-02
- KT-241: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-A für CM-RC-02
- KT-242: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-B für CM-RC-02
- KT-243: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-C für CM-RC-02



HINWEIS

Beschädigung oder Ausfall des Verdichtermoduls möglich!

An die Klemmen von CN1 bis CN6, CN11, CN12 und CN23 bis CN28 keine Spannung anlegen – auch nicht zum Prüfen!

An die Klemmen 1 und 2 von CN23 maximal 10 V anlegen!

An die Klemme 3 von CN1 maximal 24 V, an die anderen Klemmen keine Spannung anlegen!

Um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten, wurde in der BEST SOFTWARE ein spezieller "Frequenzumrichter"-Modus für das CM-RC entwickelt.

Bei Verwendung des CM-RC lässt sich auch die Kältemitteleinspritzung (RI) mit einem Frequenzumrichter (oder mit dem CRII-System zur mechanischen Leistungsregelung) kombinieren – was die Einsatzgrenze des Verdichters erweitert. Das CM-RC erlaubt eine sehr genaue und bedarfsgerechte Einspritzung über einen großen Leistungsbe-
reich. Derselbe RI-Bausatz kann für verschiedene Kältemittel und für verschiedene Verdichtergrößen innerhalb eines Gehäuses verwendet werden.

Außerdem kann das CM-RC Modul z.B. einen Zusatzventilator steuern, und es überwacht den gesamten Betrieb des Verdichters inkl. Datenaufzeichnung.

Prinzipschaltbilder

Verschiedene Prinzipschaltbilder für Hubkolbenverdichter mit Frequenzumrichter sind in der Technischen Information AT-300 zusammengestellt.

6 Elektrischer Anschluss von Verdichter und Frequenzumrichter

Hier werden einige wichtige Punkte zum Anschluss und zur Inbetriebnahme eines externen Frequenzumrichters beschrieben.

- Für Frequenzumrichter, die nicht von BITZER bezogen wurden: jeweilige Betriebsanleitung beachten!
- Für BITZER VARIPACK Frequenzumrichter, siehe Betriebsanleitung CB-110. Dort sind auch der elektrische Anschluss sowie die Steuer- und Regelfunktionen beschrieben.
- Prinzipschaltbilder für verschiedene Verdichter mit Frequenzumrichtern sind in der Technischen Information AT-300 zusammengestellt.

Weitere Informationen siehe auch ASERCOM Guidelines "Empfehlungen zum Betrieb von Frequenzumrichtern mit Kältemittelverdichtern", Kapitel 6.

Auslieferungszustand Verdichter:



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!

Bei Arbeiten an der Elektrik:



WARNUNG

Gefahr von elektrischem Schlag!

Vor Arbeiten im Anschlusskasten, im Modulgehäuse und an elektrischen Leitungen: Hauptschalter ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern!



Vor Wiedereinschalten Anschlusskasten und Modulgehäuse schließen!

CM-RC-01:



HINWEIS

Beschädigung oder Ausfall des Verdichtermoduls möglich!

An die Klemmen von CN7 bis CN12 keine Spannung anlegen – auch nicht zum Prüfen!

An die Klemmen von CN13 maximal 10 V anlegen!

An die Klemme 3 von CN14 maximal 24 V, an die anderen Klemmen keine Spannung anlegen!

CM-RC-02:



HINWEIS

Beschädigung oder Ausfall des Verdichtermoduls möglich!

An die Klemmen von CN1 bis CN6, CN11, CN12 und CN23 bis CN28 keine Spannung anlegen – auch nicht zum Prüfen!

An die Klemmen 1 und 2 von CN23 maximal 10 V anlegen!

An die Klemme 3 von CN1 maximal 24 V, an die anderen Klemmen keine Spannung anlegen!

Bei Arbeiten am Frequenzumrichter (FU):



GEFAHR

Eine falsche oder unzureichende Erdung kann bei Berührung des Frequenzumrichters zu lebensgefährlichen elektrischen Schlägen führen!



Den kompletten Frequenzumrichter permanent erden und Erdungskontakte regelmäßig überprüfen!

Vor jedem Eingriff in das Gerät die ordnungsgemäße Isolierung aller Spannungsanschlüsse überprüfen!

**HINWEIS**

Betrieb des Frequenzumrichters bei überhöhter Temperatur führt zu Überlastung und reduzierter Lebensdauer!

Maximale Umgebungstemperatur am Aufstellungsort berücksichtigen.
Mindestabstände für die Belüftung einhalten.

6.1 Kabelführung

Die Installationsempfehlungen und -vorschriften des Frequenzumrichter-Herstellers strikt einhalten! Im Besonderen Folgendes beachten:

- Das Leistungskabel zwischen Frequenzumrichter und Verdichter sollte mit einer geeigneten EMV-Abschirmung versehen sein, die sowohl mit der Montageplatte des Schaltschranks als auch mit dem Motorgehäuse über eine breite Kontaktfläche sauber verbunden ist.
- Je nach Umgebung (Wohngebiet, Geschäft, Industrie etc.) sind evtl. zusätzliche EMV-Filter nötig.
- Darüber hinaus sollte der Motor über den Schutzleiter dieses Kabels geerdet sein.
- Auch das Gehäuse des Verdichters sollte separat über ein Kabel mit geeignetem Querschnitt geerdet sein.
- Beim Leistungskabel unbedingt die Empfehlungen des Frequenzumrichter-Herstellers einhalten (z.B. maximale Länge, Abstand zu weiteren Kabeln).

6.2 Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte

Siehe auch Betriebsanleitung *KB-100*.

Hubkolbenverdichter mit 40P-Motor

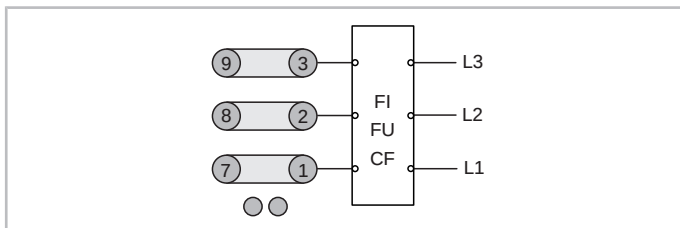


Abb. 13: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Hubkolbenverdichter mit 40P-Motor

Hubkolbenverdichter mit 40S-Motor

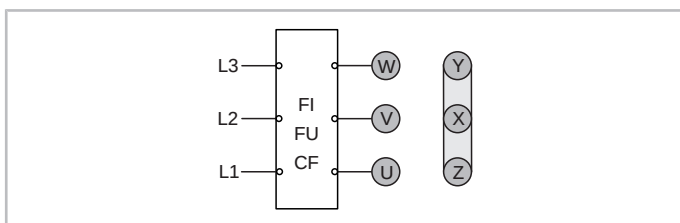


Abb. 14: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Hubkolbenverdichter mit 40S-Motor in Sternschaltung

Offene BITZER Hubkolbenverdichter werden mit externen Motoren angetrieben. Für deren Anschluss siehe Dokumentation des Motorherstellers.

6.3 Anstieg der Impulsspannung an den Motorklemmen

Die Spannung des Frequenzumrichter-Ausgangssignals steigt impulsartig an. Die zulässigen Grenzen sind in der Grafik unten dargestellt.

!

HINWEIS

Gefahr von Motorschaden bei zu steilem Anstieg der Spannung an den Motorklemmen!

Grenzen des Spannungsanstiegs und der Spannungsimpulse an den Motorklemmen beachten, ggf. Sinusfilter einsetzen!

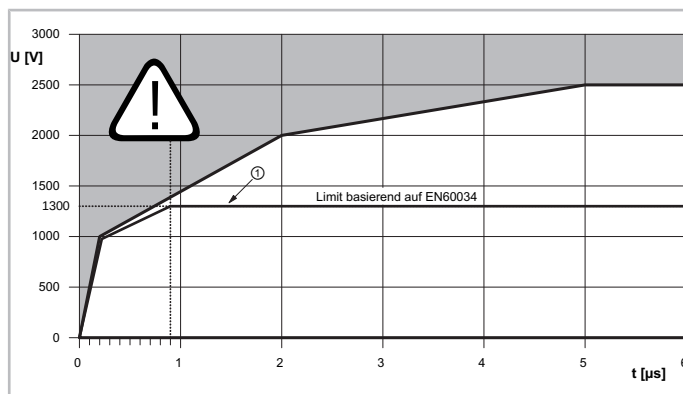


Abb. 15: Grenzen des Spannungsanstiegs an den Motorklemmen. Weiß hinterlegt: zulässiger Bereich.

t: Anstiegszeit

U: Impuls-Spannung an den Motorklemmen

①: Grenzen basierend auf EN60034

6.4 Sicherheitskette

Bei sicherheitsrelevanten Störungen wie einer Überschreitung des zulässigen Hochdrucks oder Überlastung des Motors muss der Frequenzumrichter umgehend abgeschaltet werden. Diese Notabschaltung darf nicht nur durch eine übliche elektronische Steuerfunktion erfolgen. Geeignete Sicherheitsmaßnahmen sind z.B. ein zwischen Frequenzumrichter und Motor angeordnetes Hauptschütz zur direkten Unterbrechung der Stromzufuhr.

Eine in wesentlichen Aspekten günstigere Option ist der Einsatz eines Frequenzumrichters mit sicher abgeschaltetem Moment (STO) (z.B. BITZER VARIPACK) mit zugelassener integrierter Schaltung in der Sicherheitskette gemäß EN61800-5-2.

6.5 Blindstromkompensation

Frequenzumrichter erzeugen nur eine geringe Verschiebungsblindleistung, deshalb ist Blindstromkompensation generell nicht notwendig – sie ist eher schädlich. Überkompensation führt zu Spannungsspitzen, die elektrische Bauteile schädigen können.

6.6 Fehlerstromschutzschalter

Bei einem Ausfall interner Bauteile kann der Frequenzumrichter einen hochenergetischen Gleichstrom im gesamten Schutzleitersystem erzeugen, der von gewöhnlichen Fehlerstromschutzschaltern nicht erkannt wird. Im Leistungsanschluss sollte daher entweder auf einen Fehlerstromschutzschalter verzichtet oder eine geeignete Ausführung eingesetzt werden.



GEFAHR

Lebensgefahr durch Stromschlag über Schutzleitersystem und geerdete Maschinengehäuse!

Fehlerstromschutzschalter sorgfältig auswählen und montieren.

Schutzleitersystem prüfen.

Wenn ein Fehlerstromschutzschalter im Leistungsanschluss eingebaut werden soll, muss er allstromsensitiv sein (Typ B). Dieser Typ erfasst auch Gleichfehlerströme.

6.7 Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor)

Die Verdichter mit den Buchstaben "U" und "L" in der Typenbezeichnung (z. B. 6CTEU-50LK) sind mit einem Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor) ausgestattet. Die darin enthaltenen Permanentmagnete erzeugen ein nicht vernachlässigbares magnetisches Feld, das jedoch vom Verdichtergehäuse abgeschirmt wird.



Abb. 16: Warn- und Verbotsschilder auf einem Verdichter mit Permanentmagnetmotor

Am Verdichter angebrachte Sicherheitszeichen



WARNUNG

Starkes Magnetfeld!

Magnetische und magnetisierbare Objekte fern halten!



Personen mit Herzschrittmachern, implantierten Defibrillatoren oder Metallimplantaten: mindestens 30 cm Abstand halten!

Arbeiten am Verdichter mit LSPM-Motor

Alle Arbeiten am Verdichter dürfen nur von Personen ausgeführt werden, die nicht zum benannten Personenkreis gehören. Wartungsarbeiten, die über die Tätigkeiten hinausgehen, die in dieser Betriebsanleitung und in der Betriebsanleitung *KB-100* beschrieben sind, nur nach Rücksprache mit BITZER durchführen.



WARNUNG

Induktion, elektrische Spannung!

Motor keinesfalls drehen, wenn der Anschlusskasten offen ist!

Wenn der Rotor gedreht wird, induziert er an den Stromdurchführungsbolzen eine elektrische Spannung – auch wenn der Motor abgeschaltet ist.

Zulässige Arbeiten am Verdichter mit LSPM-Motor

Elektrischer Anschluss und Schraubverbindungen im Anschlusskasten, Ölwechsel sowie Überprüfung und Austausch von Druckentlastungsventilen, Zylinderbänken und Schauglas. Für diese Arbeiten ist kein Spezialwerkzeug notwendig. Vor dem Öffnen des Verdichters Umgebung sehr sorgfältig reinigen. Insbesondere auf lose Metallpartikel achten! Motordeckel nicht öffnen!

7 In Betrieb nehmen

7.1 Konfiguration des Frequenzumrichters

Bei Arbeiten am Frequenzumrichter (FU):



GEFAHR

Lebensgefährliche Spannungen im FU-Gehäuse!

Berühren kann zu schweren Verletzungen oder Tod führen.



FU-Gehäuse niemals im Betrieb öffnen!

Hauptschalter ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.

Mindestens 5 Minuten warten bis alle Kondensatoren entladen sind!

Vor Wiedereinschalten FU-Gehäuse verschließen.



VORSICHT

Im Betrieb wird der Kühlkörper des Frequenzumrichters heiß.

Gefahr von Verbrennungen bei Berührung!



Vor Arbeiten am Frequenzumrichter, Stromversorgung trennen und mindestens 15 Minuten warten bis der Kühlkörper abgekühlt ist.



HINWEIS

Gefahr von Ausfall des Frequenzumrichters durch Überspannung!

Vor Hochspannungsprüfungen bzw. Isolationsprüfung an den Leitungen im Betrieb: Den Frequenzumrichter immer vom zu prüfenden Stromkreis trennen!

HINWEIS

Gefahr von Motorschaden!

Schaltfrequenz des Stromrichters im Frequenzumrichter prüfen und ggf. einstellen! Empfohlener Wert: 2 .. 6 kHz

- Minimale und maximale Frequenz (oder Drehzahl) eingeben
- Nenndaten des Motors eingeben (siehe Typschild)
 - Strom
 - Spannung
 - Frequenz
 - Zahl der Motorpole
 - (Motordrehzahl)
 - (Leistung)
 - ($\cos \varphi$)
- Steuerlogik: U/f (proportional)
- Schaltfrequenz des Stromrichters im Frequenzumrichter: ca. 3 kHz als Standard verwenden
 - Eine niedrige Schaltfrequenz reduziert die Belastung für die Isolation der Motorwicklung aufgrund weniger Schaltungen, in Summe ergibt sich eine höhere Effizienz.
 - Eine höhere Schaltfrequenz führt evtl. zu geringeren Motorgeräuschen, leicht reduzierten Motorverlusten und damit Motorerwärmung. Andererseits ergeben sich höhere Verluste im Frequenzumrichter und dadurch eine höhere Temperatur des Frequenzumrichters (ggf. Degrading berücksichtigen, d.h. der Ausgangsstrom sinkt mit steigender Umgebungstemperatur).
- "Autotune"-Funktion des Frequenzumrichters aktivieren (falls vorhanden)
- Einschalttrampe (Anlaufsequenz) und Abschalttrampe (Stopsequenz) definieren (s. unten).
- Drehzahlrampen im laufenden Betrieb (zwischen min. und max. Frequenz) definieren. Hier sollte die Frequenzänderung deutlich langsamer geschehen als beim Anlauf und Stop, das ist vorteilhaft für den Verdichter und die ganze Anlage. Die optimalen Rampenzeiten hängen auch von der Art der Anlage ab (Verbundanlage, Einzelverdichter in Flüssigkeitskühlsatz etc.). Vor allem für Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen sollte sich die Leistung eher über mehrere Minuten ändern als innerhalb von Sekunden. Typischerweise sollte die Rampe bei steigender Drehzahl ("Rampe hoch") deutlich langsamer sein als die Rampe bei sinkender Drehzahl ("Rampe runter") – bei BITZER Produkten ist sie üblicherweise nur halb so schnell. Der VARIPACK hat z.B. die folgenden Werkseinstellungen:
 - Rampe hoch: 10s/50Hz
 - Rampe runter: 5s/50Hz

Diese Konfigurationsschritte sind bei BITZER VARIPACK Frequenzumrichtern nur teilweise erforderlich, da diese bereits vorkonfiguriert sind und über die BEST SOFTWARE an die spezifischen Systembedingungen angepasst werden können (siehe Betriebsanleitung CB-110).

Schwingungen

HINWEIS

Gefahr von Materialermüdung und Schwingungsbrüchen in der Anlage durch FU-gesteuerte Drehzahlregelung!

Die ganze Anlage bei allen möglichen Betriebsfrequenzen sorgfältig auf Schwingungen und Resonanzen prüfen.

Frequenzen, bei denen Resonanzen auftreten, über die entsprechenden Parameter am Frequenzumrichter ausblenden!

Wenn ein Schwingungsproblem bei einer bestimmten Drehzahl(-kombination) auftritt, zur Korrektur evtl. die Rohrleitungsstruktur ändern oder verstärken. Nach solchen Änderungen die Anlage über den gesamten Drehzahlbereich erneut testen, um sicherzustellen, dass die Lösung bei einer Drehzahl nicht zu einem Problem bei einer anderen führt.

Alternativ dazu haben die meisten Umrichter die Möglichkeit, "Lücken"-Drehzahlbereiche (Frequenz-Bypass-Bereiche) zu programmieren: Der Verdichter darf diesen Drehzahlbereich zwar durchlaufen, aber nicht dort verweilen. Alle Drehzahlbereiche mit Schwingungs- oder Schallproblemen können auf diese Weise "ausgeschlossen" werden.

Bei weiteren Fragen bitte BITZER kontaktieren.

7.2 Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen

Die Drehzahlrampen bei Anlauf und Stop des Verdichters sollten weder zu schnell noch zu langsam sein.

- Beim Anlauf sollte die Mindestfrequenz des Verdichters in 1 .. 2 sec erreicht werden. Dies ermöglicht einen sanften Anlauf und gleichzeitig eine ausreichende Ölversorgung des Verdichters. Die Mindestfrequenz für jeden Verdichtertyp ist oben aufgelistet (*Anwendungsbereiche*).
- Beim Stop sollte der Verdichter gleichmäßig verlangsamen und in 1 .. 2 sec von der Mindestfrequenz zum Stillstand kommen.

Beim VARIPACK sind geeignete Sequenzen fest hinterlegt.

Im laufenden Betrieb sollten die Drehzahlrampen bzw. Frequenzänderungen deutlich langsamer geschehen (*Konfiguration des Frequenzumrichters*).

7.3 Schalthäufigkeit und Mindestlaufzeiten

Zur maximalen Schalthäufigkeit und den anzustrebenden Mindestlaufzeiten des Verdichters siehe jeweilige Betriebsanleitung. Im Allgemeinen gilt bei Betrieb mit Frequenzumrichter:

- max. 6 Anläufe pro Stunde bei Verdichtern mit den Kältemitteln R290, R1270, R744 und der H-Serie
- max. 12 Anläufe pro Stunde bei den übrigen Hubkolbenverdichtern
- ▶ Vorgaben zur Schalthäufigkeit auch bei Wartungsarbeiten einhalten!

Die Mindestlaufzeiten können sich bei niedrigen Drehzahlen verlängern – hier muss noch genauer auf die Ölrückführung geachtet werden.

Bei Arbeiten am Verdichter, nachdem er in Betrieb genommen wurde:



WARNUNG

Verdichter steht unter Druck!
Schwere Verletzungen möglich.
Verdichter auf drucklosen Zustand bringen!
Schutzbrille tragen!



VORSICHT

Oberflächentemperaturen von über 60°C bzw. unter 0°C.
Verbrennungen und Erfrierungen möglich.
Zugängliche Stellen absperren und kennzeichnen.
Vor Arbeiten am Verdichter: Ausschalten und abkühlen bzw. erwärmen lassen.

Table of contents

1	Introduction	28
2	Safety.....	30
3	Operation with frequency inverter	31
3.1	Refrigerating capacity and system efficiency	31
3.2	Application range	32
4	Selection	36
4.1	Selection with the BITZER SOFTWARE	36
4.2	Compressor motors.....	40
4.3	To be observed for open drive compressors.....	42
4.4	To be observed for tandem and 2-stage compressors	42
5	Suitable protection devices.....	42
6	Electrical installation of compressor and frequency inverter.....	44
6.1	Arrangement of the wiring	45
6.2	Motor terminals at the terminal plate.....	46
6.3	Voltage pulses at the motor terminals.....	46
6.4	Safety chain	47
6.5	Power factor correction	47
6.6	Residual current circuit breakers.....	47
6.7	Line start permanent magnet motor (LSPM motor).....	47
7	Commissioning	48
7.1	Configuration of the frequency inverter	48
7.2	Recommended start and stop sequences.....	49
7.3	Cycling rate and minimum running times	50

1 Introduction

A frequency inverter allows the stepless control of the refrigerating capacity to the cooling demand of the system by speed control. The following guidelines explain the design, operation, application range and special characteristics of

- BITZER reciprocating compressors
- in combination with external frequency inverters for speed control, e.g. the BITZER VARIPACK.

All BITZER reciprocating compressors are suitable for operation above and below the supply frequency and can thus run over an exceptionally broad capacity range.

Features of the operation with a frequency inverter (FI):

- higher system efficiency, especially in part load
- more exact temperature control possible
- precise coolant temperature for sensitive process cooling resp. heat-transfer fluid temperature for heat pumps
- higher effective evaporation temperatures, therefore less dehumidification of unpacked foods and raw material in cold stores, as well as less icing at the evaporator
- fewer compressor starts
- less strain on the motor and the power network due to integrated soft start: starting current is lower than with direct start, softstarter, star-delta or part-winding start
- higher refrigerating capacity often possible by operation above supply frequency (allows use of a compressor with lower displacement at supply frequency 50 or 60 Hz, i.e. possibly lower costs per kW refrigerating capacity)

The figure below shows the smaller temperature fluctuations with frequency inverter control:

- On/Off regulation, left third: large temperature fluctuations, relatively low average effective evaporation temperature (fine dotted line)
- Stepped mechanical regulation, middle third: reduced temperature fluctuations due to faster regulation, higher average effective evaporation temperature and thus higher efficiency
- Regulation with frequency inverter, right third: very steady room resp. coolant temperature ($\pm 0,5$ K possible) due to stepless control, higher average effective evaporation temperature and thus higher efficiency as well as e.g. lower dehumidification of unpacked foods and raw material

With frequency inverter operation, the average evaporation temperature can be raised e.g. from -7 to -4.5°C . Raising the evaporation temperature by 1 K increases system efficiency by up to 3%.

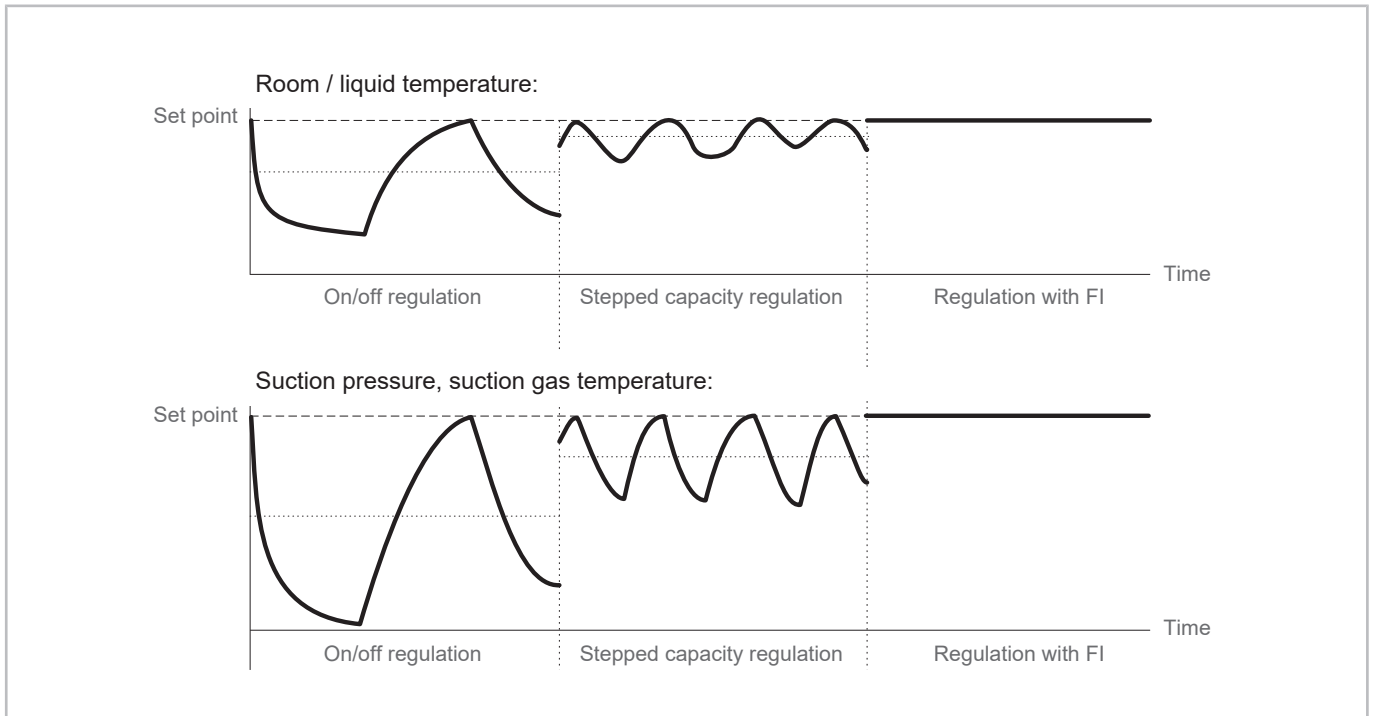


Fig. 1: Capacity control with frequency inverter (FI) compared to on/off and stepped mechanical regulation

Refrigerating capacity as a function of the load is illustrated in the following graph. The frequency inverter has advantages especially in part load.

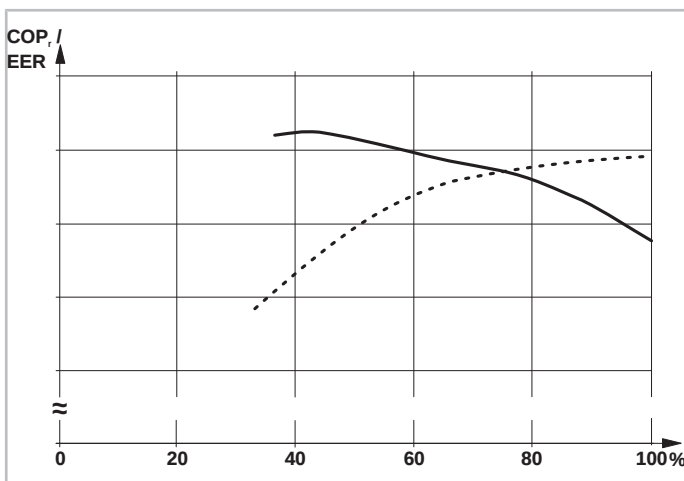


Fig. 2: Comparison of the control characteristics of reciprocating compressor 6JE with CR control vs. frequency inverter (FI): coefficient of performance COP/EER (ratio of refrigerating capacity to power consumption) as a function of the load.

Dotted line: CR control.

Solid line: FI capacity control.

Operating conditions: R449A, t_o : -10°C / t_c : 45°C / Δt_{OH} : 20 K

While the optimum capacity of the CR control is always at 100%, with FI it is achieved in the part load range and can be adjusted by compressor design and control range. Due to the conflicting goals of high full load COP/EER and high part-load efficiency, a compromise is necessary.

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
- 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

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. 3: 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 Operation with frequency inverter

3.1 Refrigerating capacity and system efficiency

Mechanical capacity control

The refrigerating capacity of a reciprocating compressor can be mechanically adapted to the cooling demand of the system, e.g. by:

- blocked suction port
- blocked suction-side gas flow to individual cylinder banks
- in compound systems also by switching individual compressors on and off

The compressor is operated at a constant speed, the motor speed correlates directly with the mains supply frequency. This results in the following nominal speed for 4-pole asynchronous motors:

- 1450 min⁻¹ at 50 Hz and
- 1750 min⁻¹ at 60 Hz.

Capacity control with frequency inverter

The average load torque at the compressor shaft mainly depends on operating conditions and refrigerant properties. Thus, it remains approximately constant over a wide range of speed / frequency. Refrigerating capacity and power consumption therefore vary approximately proportional to the speed (see graph below), cooling capacity can be steplessly adapted via speed control. Permitted speeds / frequencies for BITZER compressors are given below (*Application range*).

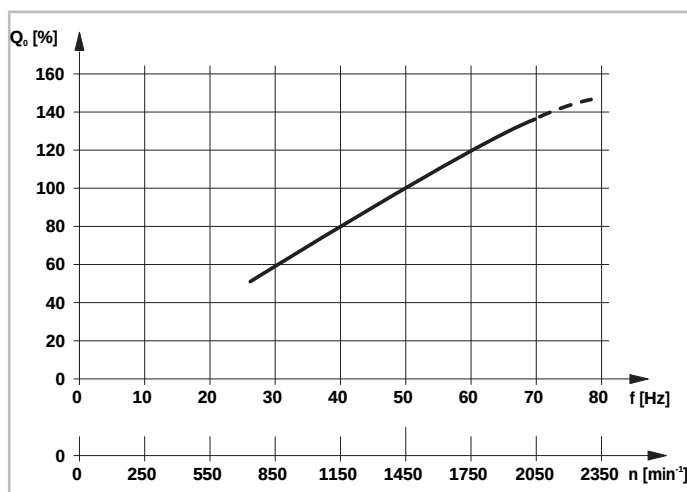


Fig. 4: Typical graph of the refrigerating capacity Q_0 depending on the speed and frequency of reciprocating compressors

NOTICE

Compressor and motor damage!

Do not combine a frequency inverter with mechanical capacity control of the compressor! Especially at low speed, adequate motor cooling is not guaranteed because refrigerant mass flow is heavily reduced. Certain exceptions for screw compressors are possible in consultation with BITZER.

Electrical power consumption at full load is slightly higher than when operating the compressor directly on the mains supply. This is due to losses in the frequency inverter – caused by the losses of individual electronic components for power conversion and for cooling the frequency inverter. Another source of motor heat-up and reduced motor efficiency are harmonics: The higher the quality of the frequency inverter and the better it is configured, the lower the harmonic distortion factor in the output signal.

There are several variables involved in the operation of the inverter which affect the running and starting of the compressor:

- The voltage characteristic limits and regulates the current supplied to the motor,
- the switching frequency of the converter in the frequency inverter regulates the motor performance and reliability,
- the start sequence and voltage boost control the starting process of the compressor.

In general, however, losses caused by the frequency inverter are normally offset by gains in system efficiency by operating at a more efficient cycle through matching compressor capacity to system load requirements. Inverter applications will thus usually increase overall system efficiency under "real world" conditions.

In order for the motor to always operate at its nominal operating conditions, a control mode with constant voltage-frequency (U/f) ratio is chosen at the frequency inverter.

3.2 Application range

For a safe compressor operation with frequency inverter, the following limiting factors must be strictly observed:

- minimum and maximum frequency (see below)
- maximum motor temperature
- maximum discharge gas or oil temperature and/or pressure difference ($p_c - p_o$)
- maximum and minimum discharge pressure
- maximum operating current of the compressor
- maximum evaporating temperature
- minimum pressure difference ($p_c - p_o$)

- minimum suction pressure (should be slightly higher than atmospheric pressure)
- sufficient additional cooling

These limits define the application limits and can vary according to frequency ranges and operating conditions.

Speed and frequency ranges

Compressor	Frequency range (Hz)	Speed range (min ⁻¹)	Standard motor
Semi-hermetic reciprocating compressors			
ECOLINE			
2KES .. 2FES	30 .. 70	900 .. 2050	40S
2EES .. 2CES	30 .. 70	900 .. 2050	40S
4FES .. 4BES	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VES .. 4NES	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4VE .. 4NE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4JE .. 4FE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6JE .. 6FE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
OCTAGON SL R744 subcritical			
2NSL .. 2FSL	30 .. 75	900 .. 2200	40S
2ESL .. 2CSL	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4FSL .. 4CSL	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VSL .. 4NSL	25 .. 70	750 .. 2050	40P
ECOLINE ME R744 subcritical			
2MME .. 2FME	30 .. 75	900 .. 2200	40S
2EME .. 2DME	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4FME(M) .. 4DME(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4TME(M) .. 4PME(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6TME(M) .. 6PME(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8VME .. 8PME	30 .. 60*	900 .. 1750*	40D
ECOLINE R744 transcritical			
2MTE .. 2KTE	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4PTE	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4MTE(M) .. 4KTE(M)			
4JTE(M) .. 4CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6FTE(M) .. 6CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8FTE .. 8CTE	30 .. 60	900 .. 1750	40D
ECOLINE+ R744 transcritical (LSPM)			
4PTEU	25 .. 70	750 .. 2100	40S
4MTE(M)U .. 4KTE(M)U			
4JTE(M)U .. 4CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
6FTE(M)U .. 6CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
Open drive reciprocating compressors			
2T.2 .. 4G.2		750 .. 1750	(external motor)
W2TA .. W4GA			
6H.2 .. 6F.2		900 .. 1750	(external motor)
W6HA .. W6FA			
2TFR .. 2NFR		on request	(external motor)
4UFC .. 6NFC		on request	(external motor)

Tab. 1: Permitted speed and frequency ranges of BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters and standard motors (also observe the application limits and the maximum current consumption of the motor)

*: Pilot series 30 .. 50 Hz

BITZER has developed the special series ECOLINE VARISPEED with integrated frequency inverter, where compressor and frequency inverter complement each other optimally (see Operating Instructions [KB-100](#), Technical Information [KT-210](#) and [KT-220](#)):

- Compressor 2DES-3.F1 with frequency 30 .. 87 Hz
- Compressor 4FE-5.F1 .. 4NE-20.F4 with frequency 25 .. 87 Hz
- Compressor 4PTE-7.F3K .. 4KTE-10.F4K with frequency 25 .. 87 Hz

Design at different supply voltages and supply frequencies

If power supply deviates from standard conditions (400 V/3/50 Hz), special voltage motors and adapted frequency inverter design are required ([Compressor motors](#)). More information is available upon request.

Application limits

The following figure shows exemplarily the application limits of a reciprocating compressor operated at different frequencies and how they may change with evaporation and condensing temperature. Specific application limits for particular compressors, motors and refrigerants are given in the BITZER SOFTWARE.

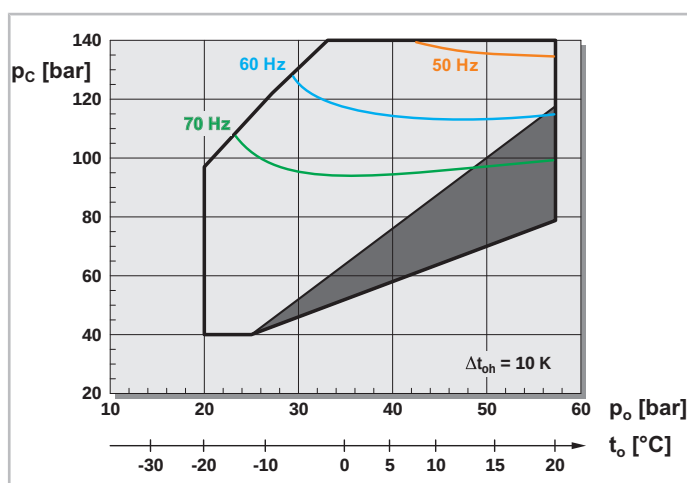


Fig. 5: Example for application limits for reciprocating compressor 4MTE-10 with refrigerant R744 (CO₂) and frequency inverter at 50, 60 and 70 Hz (limits due to motor temperature or maximum current). The compressor may only be operated **below** the indicated frequency lines (otherwise, select a larger inverter for a wider range of the application limit).

t_o : evaporation temperature, t_c : condensing temperature, Δt_{oh} : suction gas superheat

Dark grey area: mind operating conditions.

Vibrations

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

- pressure pulsations in the discharge gas line
- torque vibrations acting on the compressor mountings or on the flanges of line connections
- resonances with the economiser line (for screw and scroll compressors)

The frequency of these vibrations is related to the compressor operating frequency, which can vary over a wide range. Compared to single speed systems (without frequency inverter), this problem is intensified in variable speed applications: Even if the piping is adequate at a given compressor speed, it may not be so at other speeds set by the frequency inverter. For this reason, piping vibrations must be checked throughout the speed range of the com-

pressor, both during the system design development activity and also at commissioning of each individual system (*Configuration of the frequency inverter*).

Data from sound measurements for each compressor is provided in the Technical Information *AT-340* and in the BITZER SOFTWARE, tab "Technical data".

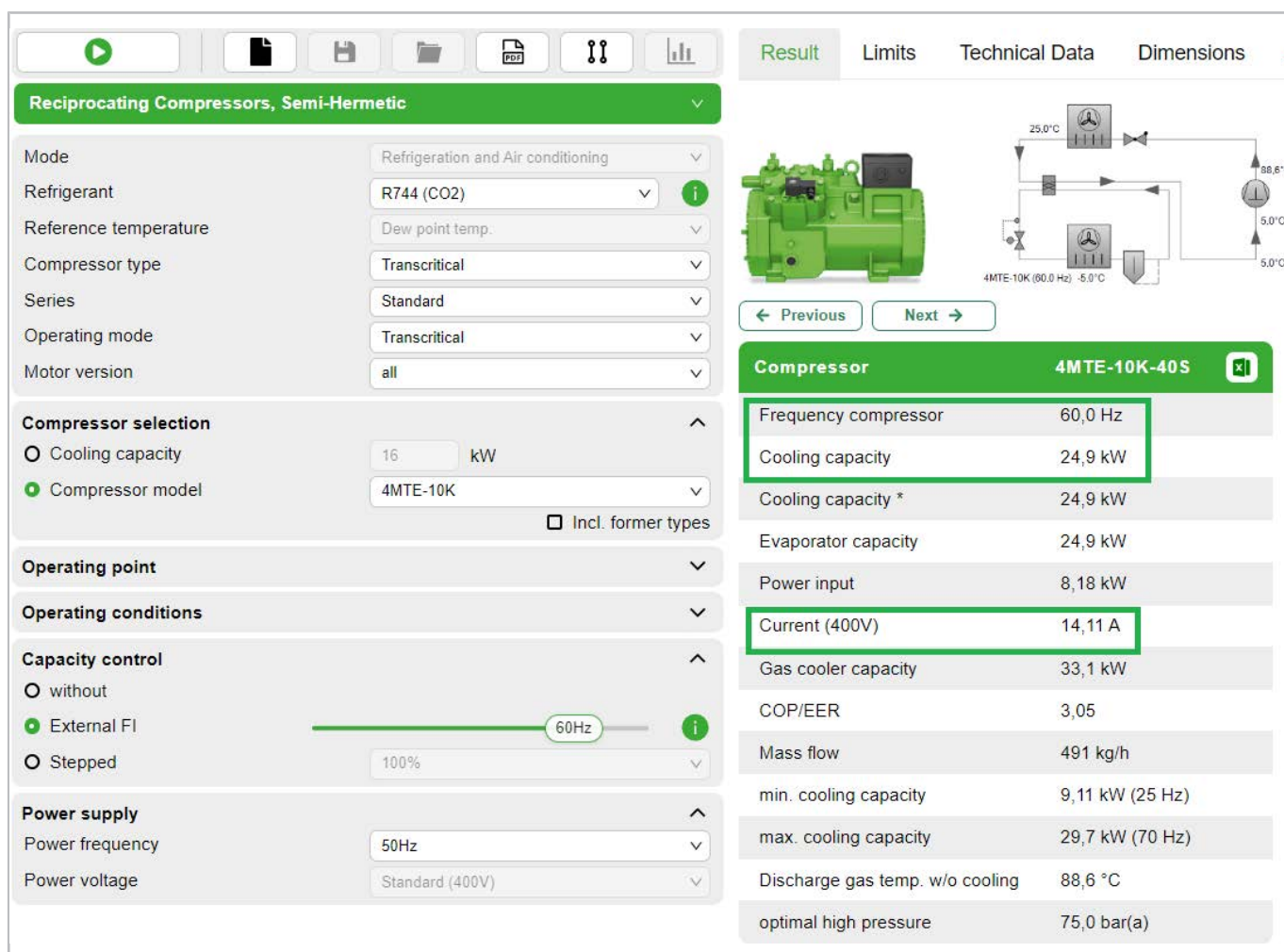
4 Selection

4.1 Selection with the BITZER SOFTWARE

i Information
At present, the BITZER SOFTWARE offers calculations with frequency inverter only for semi-hermetic compressors.

Step 1: Choosing the compressor

First choose the refrigerant, cooling capacity and operating points, and select "External FI". Then start the calculation by clicking on the button . The software will then offer two suitable compressors in the range of the maximum operating frequency, each with its standard motor (*Application range*). If one of the compressors is chosen, the software indicates frequency, cooling capacity and current consumption (voltage):



The screenshot displays the BITZER SOFTWARE interface for selecting a compressor. The left panel shows the configuration settings, and the right panel shows the resulting technical data for the selected compressor.

Configuration Settings (Left Panel):

- Mode:** Refrigeration and Air conditioning
- Refrigerant:** R744 (CO2)
- Reference temperature:** Dew point temp.
- Compressor type:** Transcritical
- Series:** Standard
- Operating mode:** Transcritical
- Motor version:** all
- Compressor selection:**
 - ☐ Cooling capacity: 16 kW
 - ☒ Compressor model: 4MTE-10K
 - ☐ Incl. former types
- Operating point:**
- Operating conditions:**
- Capacity control:**
 - ☐ without
 - ☒ External FI (60Hz)
 - ☐ Stepped: 100%
- Power supply:**
 - Power frequency: 50Hz
 - Power voltage: Standard (400V)

Technical Data (Right Panel):

Compressor: 4MTE-10K-40S

Frequency compressor	60,0 Hz
Cooling capacity	24,9 kW
Cooling capacity *	24,9 kW
Evaporator capacity	24,9 kW
Power input	8,18 kW
Current (400V)	14,11 A
Gas cooler capacity	33,1 kW
COP/EER	3,05
Mass flow	491 kg/h
min. cooling capacity	9,11 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	29,7 kW (70 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	88,6 °C
optimal high pressure	75,0 bar(a)

Fig. 6: The BITZER SOFTWARE indicates frequency, cooling capacity and current consumption (voltage) for the chosen compressor.

By gradually increasing the operating frequency (slider at "External FI"), the maximum operating frequency for the selected combination of compressor, refrigerant and operating point can be found. For operation above this frequency, a larger motor version (chosen in the menu "Compressor model") or a special voltage motor (*Compressor motors*) may be available. The calculation of special voltage motors, however, is not implemented in the BITZER SOFTWARE and available on request.

Step 2a: Selecting a BITZER VARIPACK frequency inverter (if available)

Chosse the tab "Accessories" in the menu bar at the top.



Information

The tab for the accessories module only becomes active after selecting a compressor.

The appropriate frequency inverter can be chosen directly in the accessory module. Due to the modular design of the VARIPACK frequency inverters, a wide range of versions is available – flexible and matching the BITZER compressors. For details see info button next to the slider at "External FI" .

The starting characteristics of the compressors have been optimised for VARIPACK frequency inverters, tested for the different refrigerants, and the results are implemented in the BITZER SOFTWARE. This ensures a safe compressor start with VARIPACKS under all conditions.

In addition, the BITZER SOFTWARE visualises the resulting frequency limits of the currently selected combination of compressor, refrigerant, operating point and VARIPACK frequency inverter in the application limit:

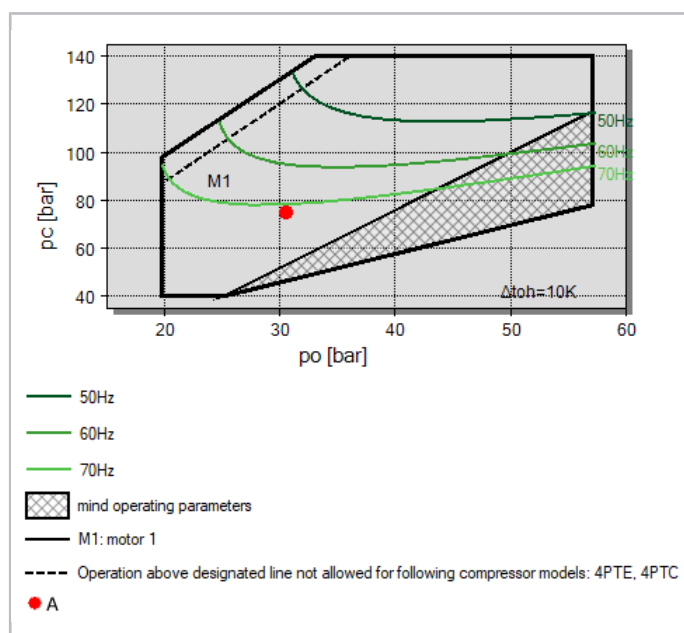
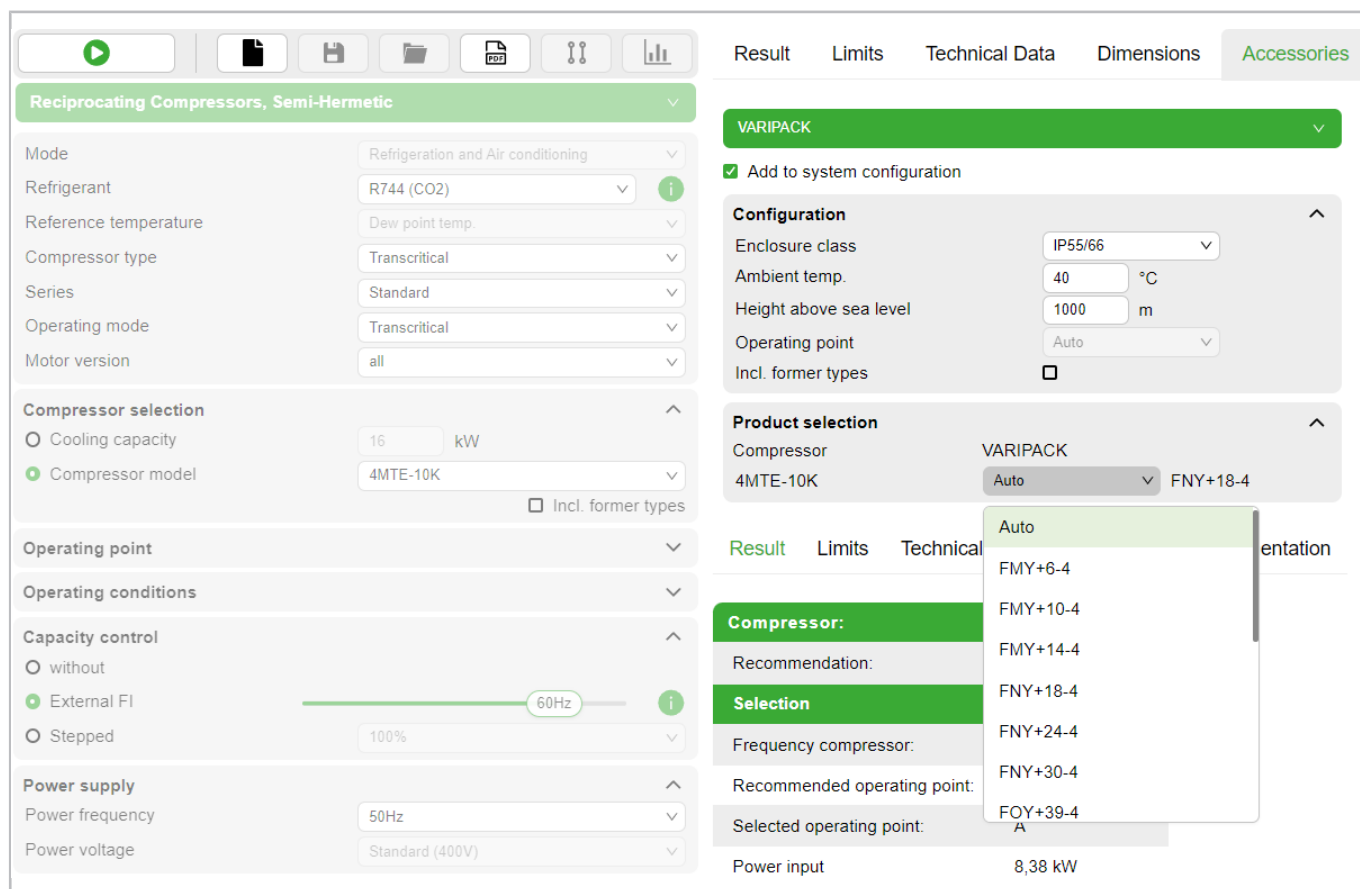


Fig. 7: Visualization of the application limits with frequency inverter in the BITZER SOFTWARE.

If less restrictions regarding the maximum possible frequency are desired, it may be possible to extend them by selecting a larger frequency inverter (unless the motor is the limiting factor):



The screenshot displays the BITZER SOFTWARE interface, specifically the 'Accessories' module. The left sidebar shows the 'Reciprocating Compressors, Semi-Hermetic' category. The main area is divided into several sections:

- Configuration:** Includes fields for Enclosure class (IP55/66), Ambient temp. (40 °C), Height above sea level (1000 m), Operating point (Auto), and Incl. former types (checkbox).
- Product selection:** Shows the Compressor as 4MTE-10K and the VARIPACK inverter as Auto. A dropdown menu is open, listing various inverter models: FMY+6-4, FMY+10-4, FMY+14-4, FNY+18-4, FNY+24-4, FNY+30-4, and FOY+39-4. The 'Auto' option is currently selected.
- Compressor:** A section with a green header.
- Recommendation:** A section with a grey header.
- Selection:** A section with a green header.
- Frequency compressor:** A section with a grey header.
- Recommended operating point:** A section with a grey header.
- Selected operating point:** A section with a grey header.
- Power input:** Displays 8,38 kW.

The top navigation bar includes tabs for Result, Limits, Technical Data, Dimensions, and Accessories. The left sidebar also includes a search bar and a list of categories.

Fig. 8: Menu for choosing the VARIPACK frequency inverter in the accessories module of the BITZER SOFTWARE

For further details on the VARIPACK see Operating Instructions [CB-110](#).

Step 2b: Selecting a frequency inverter of another manufacturer

- ▶ Allow at least 10% reserve for operating current

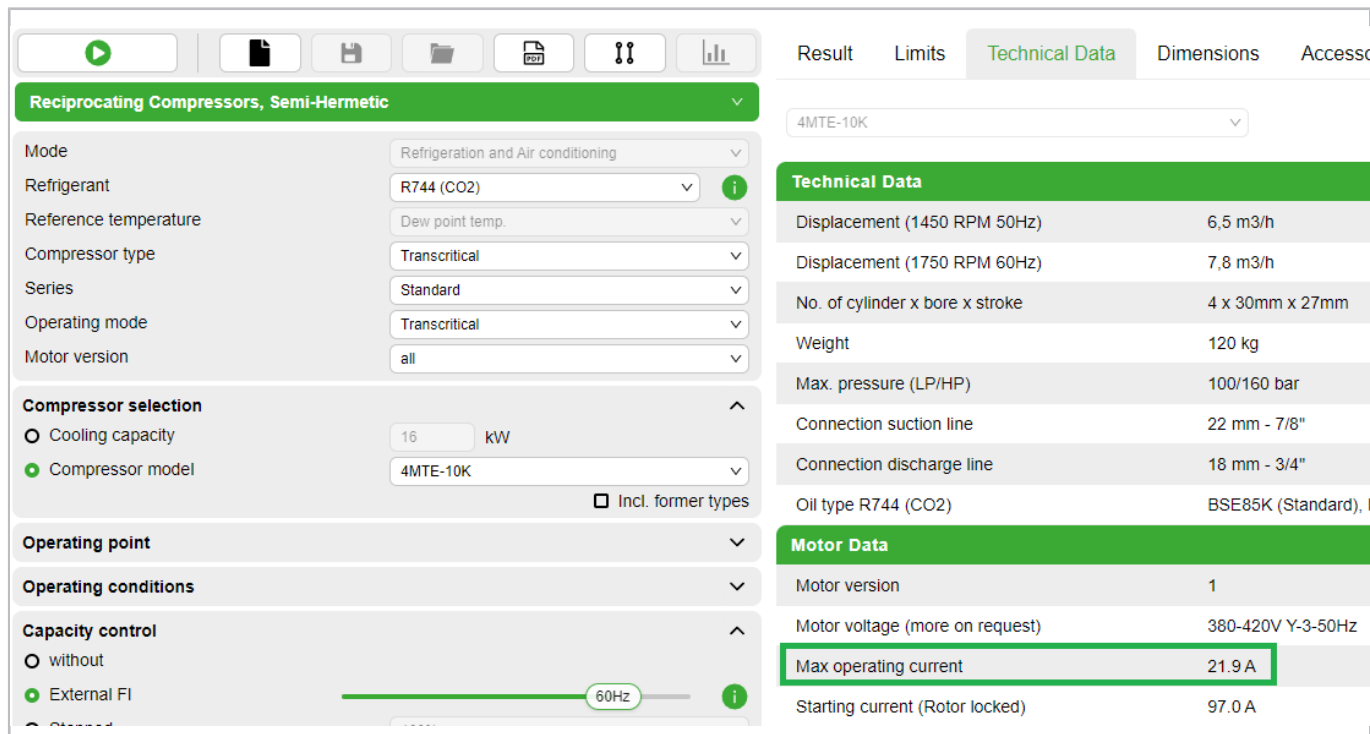
The frequency inverter must be able to continuously supply the operating current to the compressor under all expected operating conditions. At least 10% additional reserve should be planned for, e.g. to be able to compensate for undervoltage in the network. If the frequency inverter has limiter functions which limit the maximum frequency under such circumstances to ensure operational safety (such as the BITZER VARIPACK), the reserve can possibly be selected smaller.

- ▶ Consider overload capacity for compressor start

Additionally, a compensation factor F_c for the current during the compressor start must be allowed for. Since the torque of reciprocating compressors is not constant with the angle of rotation (the higher the number of cylinders, the more constant the torque), a greater starting torque is required for a smaller number of cylinders. The compensation factors are as follows:

- 2 cylinder compressors for R744: $F = 3$
- other 2 cylinder compressors: $F = 2.0$
- 4 cylinder compressors: $F = 1.6$
- 6 cylinder compressors: $F = 1.5$
- 8 cylinder compressors: $F = 1.4$

This factor is multiplied by the "Max. operating current" that the BITZER SOFTWARE indicates for the respective motor in the tab "Technical data" (see figure below). This maximum current must be within the short-term overload capacity of the frequency inverter, otherwise a larger frequency inverter is necessary.



The screenshot shows the BITZER SOFTWARE interface. On the left, the 'Reciprocating Compressors, Semi-Hermetic' section is active. Under 'Compressor selection', 'Cooling capacity' is set to 16 kW and 'Compressor model' is 4MTE-10K. Under 'Operating point', 'Operating conditions' are set to 60Hz. On the right, the 'Technical Data' tab is selected, showing the following data:

Technical Data	
Displacement (1450 RPM 50Hz)	6,5 m³/h
Displacement (1750 RPM 60Hz)	7,8 m³/h
No. of cylinder x bore x stroke	4 x 30mm x 27mm
Weight	120 kg
Max. pressure (LP/HP)	100/160 bar
Connection suction line	22 mm - 7/8"
Connection discharge line	18 mm - 3/4"
Oil type R744 (CO2)	BSE85K (Standard),

Motor Data	
Motor version	1
Motor voltage (more on request)	380-420V Y-3-50Hz
Max operating current	21.9 A
Starting current (Rotor locked)	97.0 A

Fig. 9: The "Max. operating current" indicated in the BITZER SOFTWARE (here: 21.9 A) multiplied by the compressor-specific compensation factor (for 4 cylinder compressors: $F = 1.6$) gives the necessary short-term overload capacity of the frequency inverter. For BITZER VARIPACK frequency inverters, this is already taken into account by design.

4.2 Compressor motors

The frequency inverter cannot deliver voltage above the supply voltage. Therefore, the stator voltage cannot increase any further with higher inverter frequency. The magnetising current in the main inductance drops, the stator rotating field and torque are weakened.

This means that when raising the frequency above the synchronous speed, the voltage-frequency ratio U/f falls. Since the torque required by the compressor remains constant, the current consumption of the motor will increase (see figure 10, page 40). Therefore, the motor should have adequate reserve (current / power) at supply frequency. The frequency / speed can be increased up to the maximum motor current (RMS – root mean square) (see maximum operating current on the name plate or in the BITZER SOFTWARE).

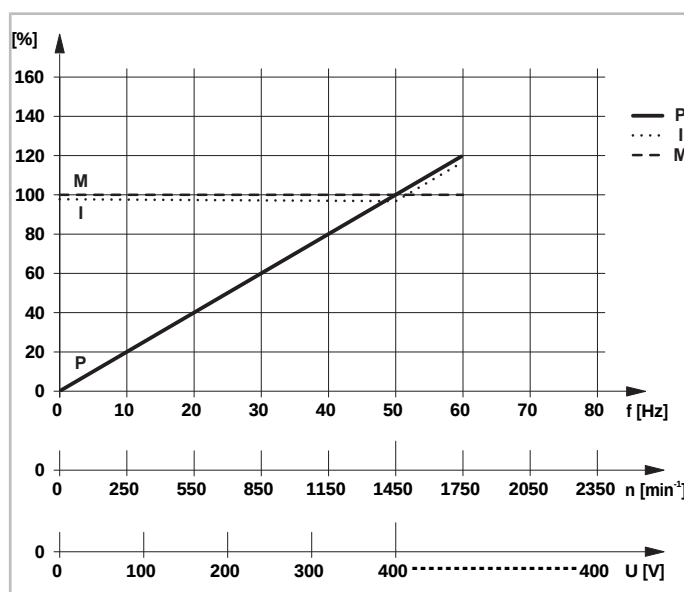


Fig. 10: Operating characteristics of a compressor motor for operation with frequency inverter (400 V/3/50 Hz) with reserve.

P: max. compressor power consumption

M: max. torque of the motor at compressor shaft

I: max. compressor current consumption

f : frequency (frequency inverter output)

U : voltage (frequency inverter output)

Standard motors

For common applications, BITZER suggests using the standard motors 40S or 40P (*Application range*). They are very economical and have a large range of operation. The BITZER SOFTWARE indicates the standard motor for each compressor. Supply voltage is

- 400 V at 50 Hz resp.
- 460 V at 60 Hz.

LSPM Motors

Compressors equipped with a line start permanent magnet motor (LSPM motor) can be identified by the letters "U" and "L" added to the model designation (e. g. 6CTEU-50LK). The built-in permanent magnets generate a non-negligible magnetic field which, however, is shielded by the compressor housing.



Fig. 11: Warning and prohibition signs on a compressor with permanent magnet motor

Safety signs attached to the compressor



WARNING

Strong magnetic field!

Keep magnetic and magnetizable objects away from compressor!

Persons with cardiac pacemakers, implanted heart defibrillators or metallic implants: maintain a clearance of at least 30 cm!

Special voltage motors

If the motor is running at maximum operating current already at standard conditions, a special voltage motor may be useful in order to achieve a larger regulating range. It ensures that even above supply frequency, a constant voltage-frequency ratio U/f can be maintained. A constant torque is available over the entire application range.



NOTICE

Compressor and motor damage in case of exceeding speed!

Observe the upper speed limit of the compressor! See application range.

Depending on design and/or permitted speed range of the compressor, the preferable motor option is (with regard to power supply 400 V/3/50 Hz):

- 40S: 230 V/3/50 Hz (+73% compressor current) at full motor torque – observe maximum permitted speed of the compressor! (following figure, graph ③)

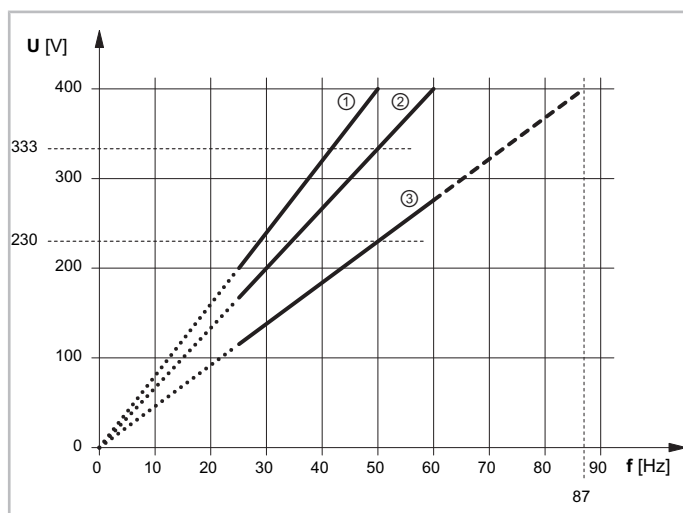


Fig. 12: Voltage increase depending on the frequency for different motors

①: 400 V/3/50 Hz

②: 400 V/3/60 Hz

③: 230 V/3/50 Hz

With this design, the operating current at graph ② is 1.2 times higher than in the case of 400 V/50 Hz; at graph ③ it is 1.73 times higher. This increases frequency inverter costs resp. the frequency inverter has to be chosen accordingly.



Information

A standard motor allows the direct operation of the compressor on the power grid with contactors in case of a failure of the frequency inverter (emergency mode).

4.3 To be observed for open drive compressors

Select motor and frequency inverter in agreement with the manufacturers.



NOTICE

Risk of motor damage due to insufficient cooling!

Ensure that the motor is sufficiently cooled at every speed! Observe the application limits provided by the motor manufacturer.

Motor protection

Besides a typical line protection switch, the use of thermistor thermal motor winding protection is additionally recommended to ensure that the motor is only operated at permissible temperatures.

Shaft coupling and seal

Select the coupling carefully (see BITZER SOFTWARE). For low speed / frequency operation, a shaft coupling with sufficient inertia must be selected (see also Technical Information [KT-160](#)).

4.4 To be observed for tandem and 2-stage compressors

Oil equalisation for semi-hermetic tandem compressors

When tandem compressors are operated with frequency inverter, the oil level between both compressor sides may differ. Thus, an oil level control system or oil and gas equalisation must be installed between the two sides.

RI valve for semi-hermetic 2-stage compressors

For 2-stage compressors, sufficient superheat at the refrigerant injection (RI) valve must be ensured over the entire speed range. Therefore select a valve suitable for the application.

5 Suitable protection devices

The devices SE-B* as well as the compressor module CM-RC are suitable for operation of reciprocating compressors with frequency inverter.



WARNING

Risk of electric shock!



Before working on the terminal box, module housing and electrical lines: Switch off the main switch and secure it against being switched on again!

Close the terminal box and the module housing before switching on again!

Protection devices SE-B*

See Technical Information [CT-120](#).

NOTICE

Potential failure of the compressor protection device and the motor due to improper connection and/or faulty operation!

The terminals M1-M2 or T1-T2 on the compressor and B1-B2 on the protection device as well as its two sensor cables must not come into contact with the control voltage or operating voltage!

Compressor module CM-RC-01

See Technical Information [KT-230](#). For mounting the CM-RC-01 add-on kit, see also:

- [KW-231](#) for compressors 4JE .. 4FE and 6JE .. 6FE
- [KW-232](#) for compressors 4VES .. 4NES
- [KW-233](#) for compressors 4FES .. 4BES
- the video at the following link: www.youtube.com/watch?v=LJfMtE2Kq4w

NOTICE

The compressor module may be damaged or fail!

Never apply any voltage to the terminals of CN7 to CN12 – not even for test purposes!

The voltage applied to the terminals of CN13 must not exceed 10 V!

The voltage applied to terminal 3 of CN14 must not exceed 24 V! Do not apply voltage to the other terminals!

Never apply voltage to the voltage outputs, not even for testing.

Compressor module CM-RC-02

See the following Technical Information documents:

- [KT-240](#): Technical Information Compressor module CM-RC-02
- [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
- [KT-243](#): Technical Information Extension board CM-IO-C for CM-RC-02

NOTICE

The compressor module may be damaged or fail!

Never apply any voltage to the terminals of CN1 to CN6, CN11, CN12 and CN23 to CN28 – not even for test purposes!

The voltage applied to terminals 1 and 2 of CN23 must not exceed 10 V!

The voltage applied to terminal 3 of CN1 must not exceed 24 V! Do not apply voltage to the other terminals!

For a safe and reliable operation, the BEST SOFTWARE includes a special "Frequency inverter" mode for the CM-RC.

When utilizing the CM-RC, refrigerant injection (RI) can now be combined with frequency inverter operation (or with the CRII system for mechanical capacity regulation) – extending the application limits of the compressor. The CM-RC allows for a very exact and demand-driven injection across a large capacity range. The same RI kit may be used for different refrigerants and compressor sizes (within one housing).

Furthermore, the CM-RC module can control an additional fan, and it monitors the compressor operation including a data log.

Schematic wiring diagrams

Various schematic wiring diagrams for reciprocating compressors with frequency inverter are compiled in the Technical Information [AT-300](#).

6 Electrical installation of compressor and frequency inverter

This chapter covers some important aspects to be considered when installing and commissioning an external frequency inverter.

- For frequency inverters not manufactured by BITZER: Please refer also to the respective operating instructions!
- For the BITZER VARIPACK frequency inverter, see Operating Instructions [CB-110](#). It also explains in detail electrical connections and control functions.
- Schematic wiring diagrams for various compressors with frequency inverter are compiled in the Technical Information [AT-300](#).

For further information, see also ASERCOM Guidelines "[Recommendations for using frequency inverters with positive displacement refrigerant compressors](#)", chapter 6.

State of delivery of 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!

For work on the electrical system:



WARNING

Risk of electric shock!



Before working on the terminal box, module housing and electrical lines: Switch off the main switch and secure it against being switched on again!

Close the terminal box and the module housing before switching on again!

CM-RC-01:



NOTICE

The compressor module may be damaged or fail!

Never apply any voltage to the terminals of CN7 to CN12 – not even for test purposes!

The voltage applied to the terminals of CN13 must not exceed 10 V!

The voltage applied to terminal 3 of CN14 must not exceed 24 V! Do not apply voltage to the other terminals!

CM-RC-02:



NOTICE

The compressor module may be damaged or fail!

Never apply any voltage to the terminals of CN1 to CN6, CN11, CN12 and CN23 to CN28 – not even for test purposes!

The voltage applied to terminals 1 and 2 of CN23 must not exceed 10 V!

The voltage applied to terminal 3 of CN1 must not exceed 24 V! Do not apply voltage to the other terminals!

For work on the frequency inverter (FI):



DANGER

Wrong or insufficient earthing may result in life-threatening electric shocks upon contact with the frequency inverter!



Earth the complete frequency inverter permanently and check the earth contacts at regular intervals!

Prior to any intervention in the device, check all voltage connections for proper isolation.

NOTICE

Operating the frequency inverter at high temperatures leads to stress and reduced lifetime!
Take into account the maximum ambient temperatures at the place of installation.
Observe the minimum clearances for ventilation.

6.1 Arrangement of the wiring

Strictly observe the frequency inverter manufacturer's installation recommendations and requirements! Observe the following in particular:

- The power cable between frequency inverter and compressor motor should have a suitable EMC shield which is connected to both the mounting plate of the electrical enclosure and to the housing of the motor with large contact-area bonding of the shield without any "pigtail" connections.
- Depending on the local environment (residential, commercial, industrial etc.), additional EMC filters may be required.
- The motor should be earthed using the protective earth conductor of this cable.
- Additionally, the compressor housing should be earthed separately with a cable of suitable cross-sectional area.
- With regard to the power cable, the frequency inverter manufacturer's recommendations should be observed (e.g. concerning maximum length, spacing to other cables).

6.2 Motor terminals at the terminal plate

See also Operating instructions *KB-100*.

Reciprocating compressors with 40P motor

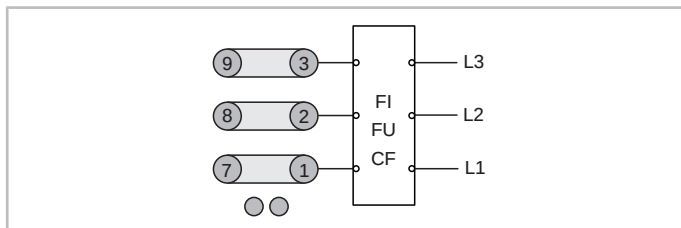


Fig. 13: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for reciprocating compressors with 40P motor

Reciprocating compressors with 40S motor

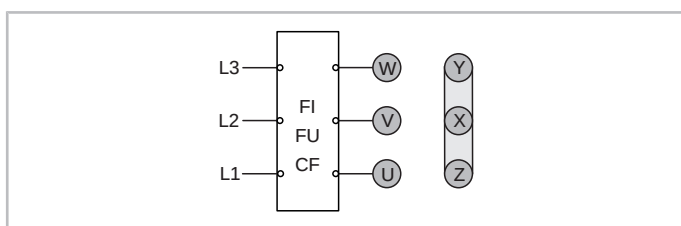


Fig. 14: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for reciprocating compressors with 40S motor and star wiring

Open drive BITZER reciprocating compressors are driven by external motors. For their motor terminals, see documentation by the motor manufacturer.

6.3 Voltage pulses at the motor terminals

The pulsed output voltage of a frequency inverter rises with a steep edge. The permissible range is indicated in the figure below.



NOTICE

Risk of motor damage if voltage increase on motor terminals is too steep!

Observe the limits of voltage increase and voltage pulses at the motor terminals! If necessary, use sinusoidal filters.

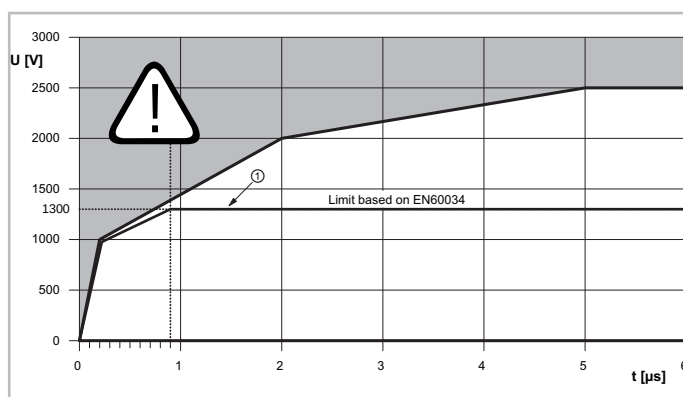


Fig. 15: Limits of voltage increase on motor terminals. White area: permissible range.

t: rise time

U: pulse voltage on motor terminals

①: limit based on EN60034

6.4 Safety chain

In case of safety relevant faults (such as exceeding maximum high pressure or overstress of the motor), the frequency inverter must immediately be switched off. For this emergency switching off, a customary electronic regulation is not sufficient. Suitable safety measures are e.g. a main contactor between the frequency inverter and motor, which can immediately cut off the current supply.

A more advantageous option is a frequency inverter with safe torque off (STO) (e.g. BITZER VARIPACK) with approved integrated connection in the safety chain according to EN61800-5-2.

6.5 Power factor correction

Frequency inverters generate a low displacement reactive power, therefore a power factor correction is usually not necessary – it may even have a negative effect. Overcompensation may lead to voltage peaks that can damage electrical components.

6.6 Residual current circuit breakers

Failing internal components may cause the frequency inverter to generate high-energy direct current in the entire protective earth conductor system that is not detected by standard residual current circuit breakers. Thus, in the power connection, a residual current circuit breaker should either be omitted, or a suitable one be used.



DANGER

Danger of death due to electric shock by protective earth conductor system and earthed machine housings! Carefully select and mount residual current circuit breakers.

Check the protective earth conductor system.

If a residual current circuit breaker is to be integrated in the power connection, it must be sensitive to all current types (type B). This type is capable of detecting residual direct currents.

6.7 Line start permanent magnet motor (LSPM motor)

Compressors equipped with a line start permanent magnet motor (LSPM motor) can be identified by the letters "U" and "L" added to the model designation (e. g. 6CTEU-50LK). The built-in permanent magnets generate a non-negligible magnetic field which, however, is shielded by the compressor housing.



Fig. 16: Warning and prohibition signs on a compressor with permanent magnet motor

Safety signs attached to the compressor



WARNING

Strong magnetic field!

Keep magnetic and magnetizable objects away from compressor!

Persons with cardiac pacemakers, implanted heart defibrillators or metallic implants: maintain a clearance of at least 30 cm!

Work on a compressor with LSPM motor

Any work on the compressor may only be performed by persons that are not part of the specified group. Maintenance work beyond the work described in the present document and in the Operating Instructions *KB-100* may only be performed after consultation with BITZER.



WARNING

Induction, electric voltage!
Never operate the motor with the terminal box open!

When the rotor rotates, electric voltage is induced in the terminal pins – even with the motor switched off.

Permitted work on a compressor with LSPM motor

Work on the electric supply and screwed connections in the terminal box, oil change as well as inspection and replacement of pressure relief valves, cylinder banks and sight glass. No special tools are needed for this work. Before opening the compressor, thoroughly clean its environment. Pay special attention to loose metal particles! Do not open the motor cover!

7 Commissioning

7.1 Configuration of the frequency inverter

For work on the frequency inverter (FI):



DANGER

Life-threatening voltages inside the FI housing!
Contact can lead to serious injuries or death.
Never open the FI housing in operation!
Switch off the main switch and secure it against being switched on again.
Wait for at least 5 minutes until all capacitors have been discharged!
Before switching on again, close the FI housing.



CAUTION

In operation, the heat sink of the frequency inverter will get hot.
Risk of burns upon contact!
Prior to performing work on the frequency inverter, disconnect the power supply and wait for at least 15 minutes until the heat sink has cooled down.



NOTICE

Risk of frequency inverter failure caused by over-voltage!
Always disconnect the frequency inverter from the circuit to be tested before any high potential tests or an isolation test on lines in operation!



NOTICE

Risk of motor damage!
Check the switching frequency of the converter in the frequency inverter and set it, if necessary! Recommended value: 2 .. 6 kHz

- Set the minimum and maximum frequency (or speed)
- Set the nominal motor data (see name plate)
 - current
 - voltage

- frequency
- number of motor poles
- (motor speed)
- (power)
- ($\cos \varphi$)
- control logic: U/f (proportional)
- switching frequency of the converter in the frequency inverter: use approx. 3 kHz as standard
 - Low switching frequencies reduce the strain on the isolation of the motor windings, in summary this results in higher efficiency.
 - Higher switching frequencies may cause less motor sound, slightly reduced motor losses and motor heat-up. On the other hand, they lead to higher losses and thus a higher temperature in the frequency inverter (possibly consider degrading, i.e. the output load decreases with rising ambient temperature).
- Activate the "Autotune" function of the frequency inverter, if available.
- Define the ascending ramp (start sequence) and descending ramp (stop sequence), see below.
- Define the speed ramps during operation (between min. and max. frequency). Here, the frequency change should be much slower than during start and stop, which is advantageous for the compressor and the entire system. The optimal ramp times also depend on the type of system (compound system, single compressor in liquid chiller, etc.). Especially for liquid chillers and heat pumps, the capacity should change over several minutes rather than within seconds. Typically the ramp up should be much slower than the ramp down – with BITZER products it is usually only half as fast. The VARIPACK has e.g. the following factory settings:
 - Ramp up: 10s/50Hz
 - Ramp down: 5s/50Hz

With BITZER VARIPACK frequency inverters, not all of these steps are necessary, since they are pre-configured and may be adapted to system requirements via the BEST SOFTWARE (see Operating instructions [CB-110](#)).

Vibrations



NOTICE

Danger of material fatigue and damage caused by vibrations in the system due to FI speed drive!
Check the whole system carefully at all possible operating frequencies for vibrations and resonances.
Blend out frequencies which cause resonances by appropriate parameter setting at the inverter!

If a vibration problem is identified at a certain speed or combination of speeds, it may be possible to modify or reinforce the piping design to correct it. After any such changes, the system should be retested across the entire speed range to make sure that solving the problem at one speed does not create a problem at another.

Alternatively, most inverters have the ability to program "gap" speed ranges (frequency bypass ranges): While the compressor will be permitted to pass through the gap speed range, it will not be permitted to dwell within that range. Any frequency ranges where vibration or sound problems are identified can be "excluded" in this manner.

For further questions, please contact BITZER.

7.2 Recommended start and stop sequences

The speed ramps at compressor start and stop should be neither too fast nor too slow.

- During start, the minimum frequency of the compressor should be reached in 1 .. 2 sec. This enables a smooth start and at the same time sufficient oil supply to the compressor. The minimum frequency for each compressor model is listed above ([Application range](#)).
- When stopping, the compressor should slow down evenly and go from minimum frequency to a standstill in 1 .. 2 sec.

In the VARIPACK, suitable sequences are predefined.

During operation, frequency changes should be much slower than during start and stop (*Configuration of the frequency inverter*).

7.3 Cycling rate and minimum running times

For the maximum cycling rates (maximum starts per hour) and the desirable minimum running times of the compressor see the respective Operating Instructions. In general, the following applies for operation with frequency inverter:

- max. 6 starts per hour for compressors with refrigerants R290, R1270, R744 and the H series
- max. 12 starts per hour for the remaining reciprocating compressors
- ▶ Adhere to the cycling rate specifications even during maintenance work!

At low motor speeds, the minimum running times may be longer – pay special attention to the oil return.

For work on the compressor once it has been commissioned:



WARNING

The compressor is under pressure!
Serious injuries are possible.



Depressurise the compressor!
Wear safety goggles!



CAUTION

Surface temperatures of more than 60°C or below 0°C.
Risk of burns or frostbite.



Close off accessible areas and mark them.
Before performing any work on the compressor: switch it off and let it cool down or warm up.