KT-420-11

Einsatz von externen Frequenzumrichtern bei BITZER Hubkolbenverdichtern

Deutsch 2

Operation of BITZER reciprocating compressors with external frequency inverters

English..... 28

Utilisation de convertisseurs de fréquences externes avec des compresseurs à piston BITZER

Français..... 54

2KES .. 4NES
4VE .. 8FE
2NSL .. 4NSL
2MME .. 8PME
2MTE .. 8CTE
4PTEU .. 6CTEU
S4T .. S6F
2T.2 .. 6F.2
W2TA .. W6FA

PDF Download // 11.2026

Änderungen vorbehalten
Subject to change
Toutes modifications réservées

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 ... 20

6.2 Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte ... 21

6.3 Anstieg der Impulsspannung an den Motorklemmen ... 21

6.4 Sicherheitskette ... 22

6.5 Blindstromkompensation ... 22

6.6 Fehlerstromschutzschalter ... 22

6.7 Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor) ... 22

6.8 Umrichterbetrieb bei Anschlussspannung ≥ 500 V ... 23

7 In Betrieb nehmen ... 24

7.1 Konfiguration des Frequenzumrichters ... 24

7.2 Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen ... 26

7.3 Schalthäufigkeit und Mindestlaufzeiten ... 26

7.4 Elektronische Expansionsventile und Frequenzumrichter ... 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. Mediumvorlauftemperatur (± 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°C steigern. Eine um 1 K höhere Verdampfungstemperatur erhöht die Anlageneffizienz um bis zu 3%.

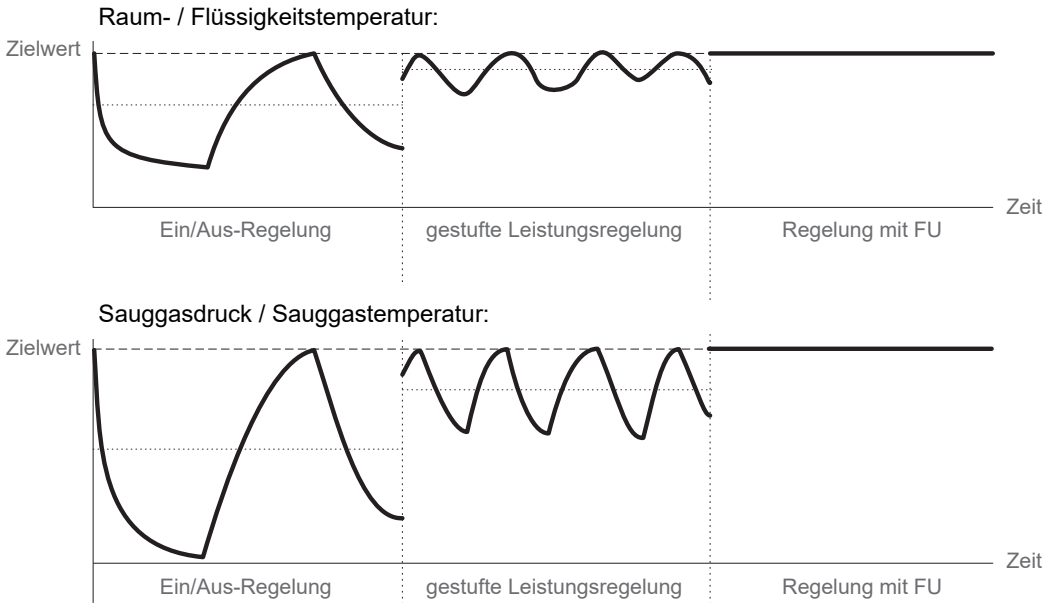


Abb. 1: Leistungsregelung mit Frequenzumrichter (FU) im Vergleich zur Ein/Aus- und gestuften mechanischen Leistungsregelung

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

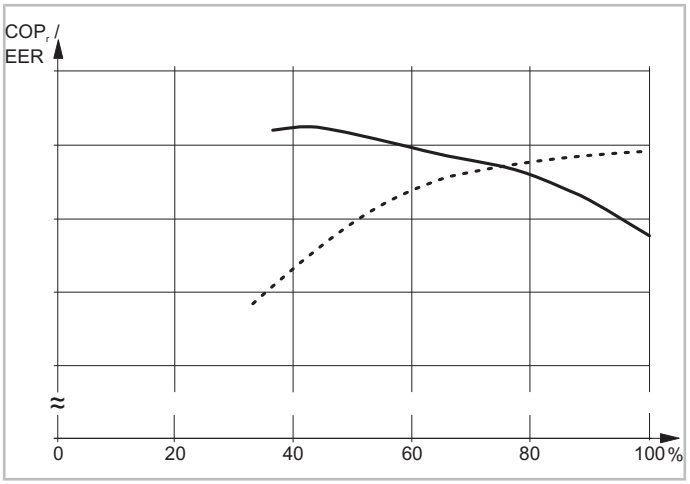


Abb. 2: Vergleich der Regelcharakteristik eines Hubkolbenverdichters Typ 6JE mit CR-Regelung vs. Frequenzumrichter (FU): Leistungszahl COP_r/EER (Verhältnis Kälteleistung zu aufgenommener Leistung) in Abhängigkeit von der Last.
Gepunktete Kurve: CR-Regelung.
Durchgezogene Kurve: Regelung mit FU.
Betriebsbedingungen: 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 Volllast-COP_r/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 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- *CB-110* und *CB-111*: Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter
- *AT-640*: Einsatz von Ammoniak (R717) mit BITZER Verdichtern
- *AT-744*: Anwendungsleitfaden zum Einsatz von R744

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*).

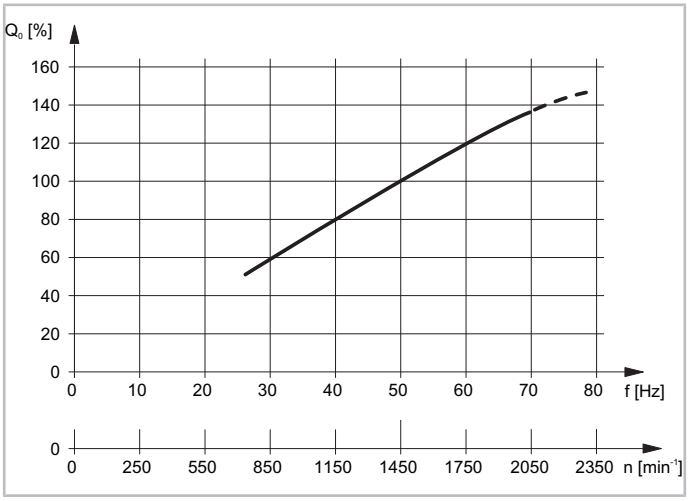


Abb. 4: Typischer Verlauf der Kälteleistung Q_0 in Abhängigkeit von Drehzahl und Frequenz bei Hubkolbenverdichtern

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, ECOLINE PRO			
2KES(P) .. 2FES(P)	30 .. 70	900 .. 2050	40S
2EES(P) .. 2CES(P)	30 .. 70	900 .. 2050	40S
4FES(P) .. 4BES(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VES(P) .. 4NES(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4VE(P) .. 4NE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4JE(P) .. 4FE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6JE(P) .. 6FE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8GE(P) .. 8FE(P)	30 .. 60	900 .. 1750	40P
ECOLINE 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(M) .. 8PME(M)	30 .. 60*	900 .. 1750*	40D
ECOLINE R744 transkritisch			
2MTE .. 2KTE	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4PTE 4MTE(M) .. 4KTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4JTE(M) .. 4CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6FTE(M) .. 6CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8FTE(M) .. 8CTE(M)	30 .. 60	900 .. 1750	40D
ECOLINE+ R744 transkritisch (LSPM)			
4PTEU 4MTE(M)U .. 4KTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
4JTE(M)U .. 4CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
6FTE(M)U .. 6CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
ECOLINE 2-stufig			
S4T .. S6F	30 .. 70	900 .. 2050	40P
S4ITE (für R744)	30 .. 70	900 .. 2050	40M

Verdichter	Frequenzbereich (Hz)	Drehzahlbereich (min^{-1})	Standardmotor
Offene Hubkolbenverdichter			
2T.2 .. 4G.2 W2TA .. W4GA		750 .. 1750	(externer Motor)
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:

- Verdichter 2DES-3.F1 mit
  Frequenz 30 .. 87 Hz
- Verdichter 4FE-5.F1 .. 4NE-20.F4 mit
  Frequenz 25 .. 87 Hz

Siehe auch:

- *KB-100*: Betriebsanleitung Halbhermetische einstufige Hubkolbenverdichter
- *KT-210*: Technische Information ECOLINE VARISPEED mit Frequenzumrichter .F1

Auslegung bei anderen Anschlussspannungen und Netzfrequenzen

Weicht die Netzversorgung von den zuvor definierten Standardbedingungen (400 V/3/50 Hz) ab, sind ggf. Sonderspannungsmotoren 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.

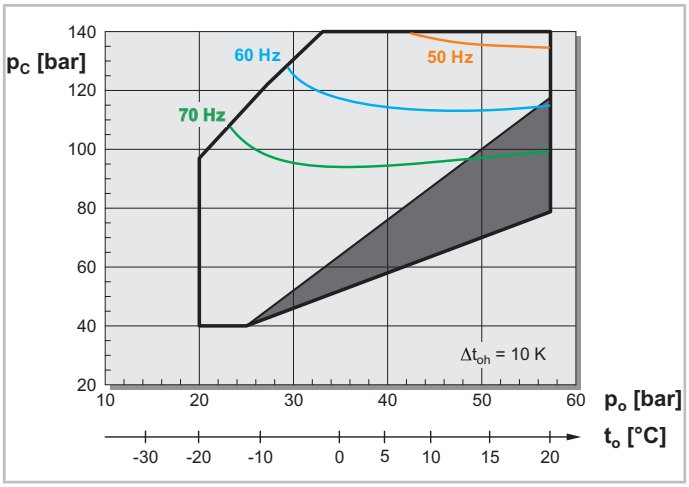


Abb. 5: Beispiel für Einsatzgrenzen von Hubkolbenverdichter 4MTE-10 mit Kältemittel R744 (CO_2) und Frequenzumrichter bei 50, 60 und 70 Hz (Beschränkungen durch die Motortemperatur oder maximale Stromstärke). Der Verdichter darf nur im Bereich **unterhalb** der Frequenzlinien betrieben werden (ggf. größeren Frequenzumrichter wählen).

t_o: Verdampfungstemperatur, 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 BITZER SOFTWARE (Registerkarte "Technische Daten") und in folgendem Dokument bereitgestellt:

- *AT-340*: Schalldaten für BITZER Verdichter

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:

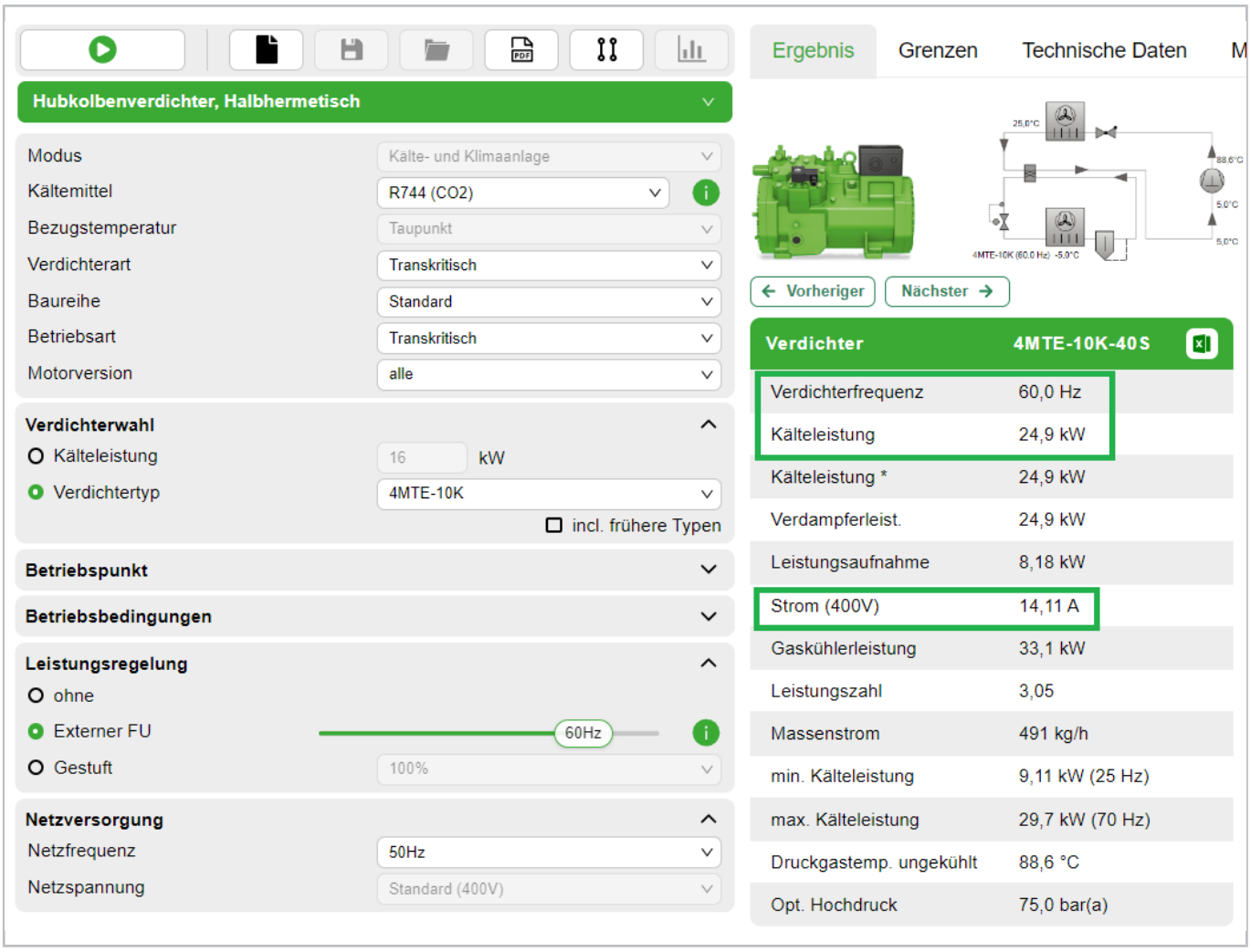


Abb. 6: Die BITZER SOFTWARE zeigt Frequenz, Kälteleistung und Stromaufnahme (Spannung) für den gewählten Verdichter.

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:

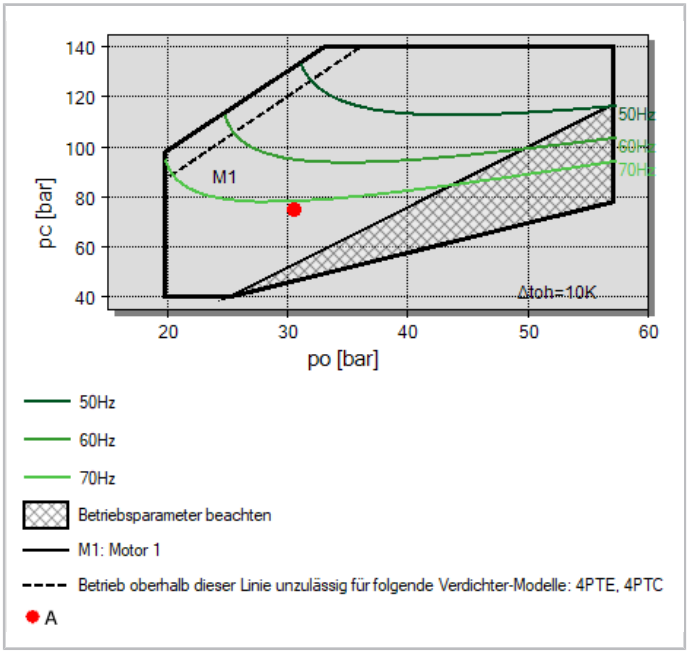


Abb. 7: Visualisierung der Einsatzgrenzen mit Frequenzumrichter in der BITZER SOFTWARE.

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):

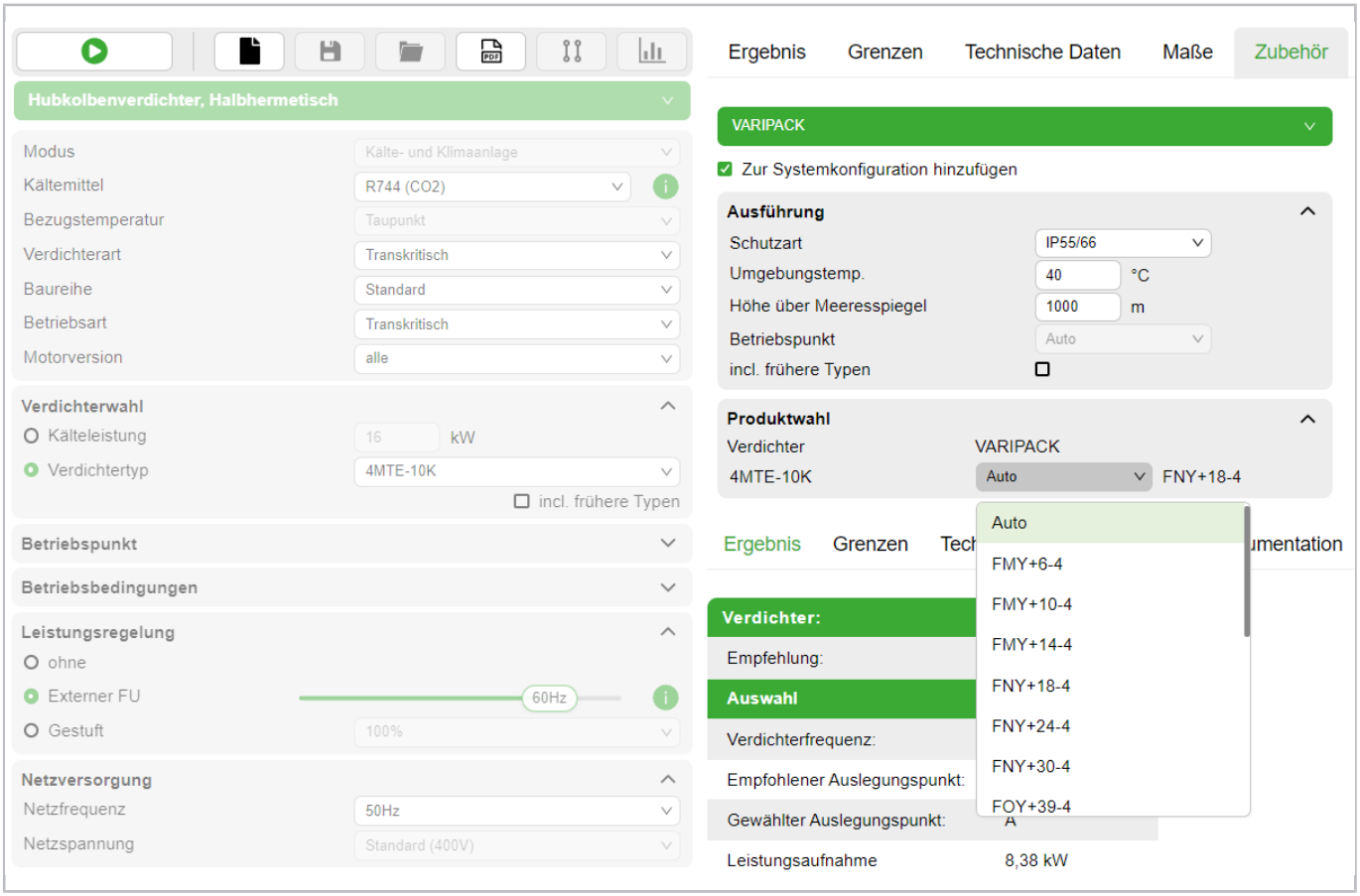


Abb. 8: Menü zur Wahl des VARIPACK Frequenzumrichters im Zubehörmodul der BITZER SOFTWARE.

Für weitere Details zum VARIPACK:

- *CB-110* und *CB-111*: Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter

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.

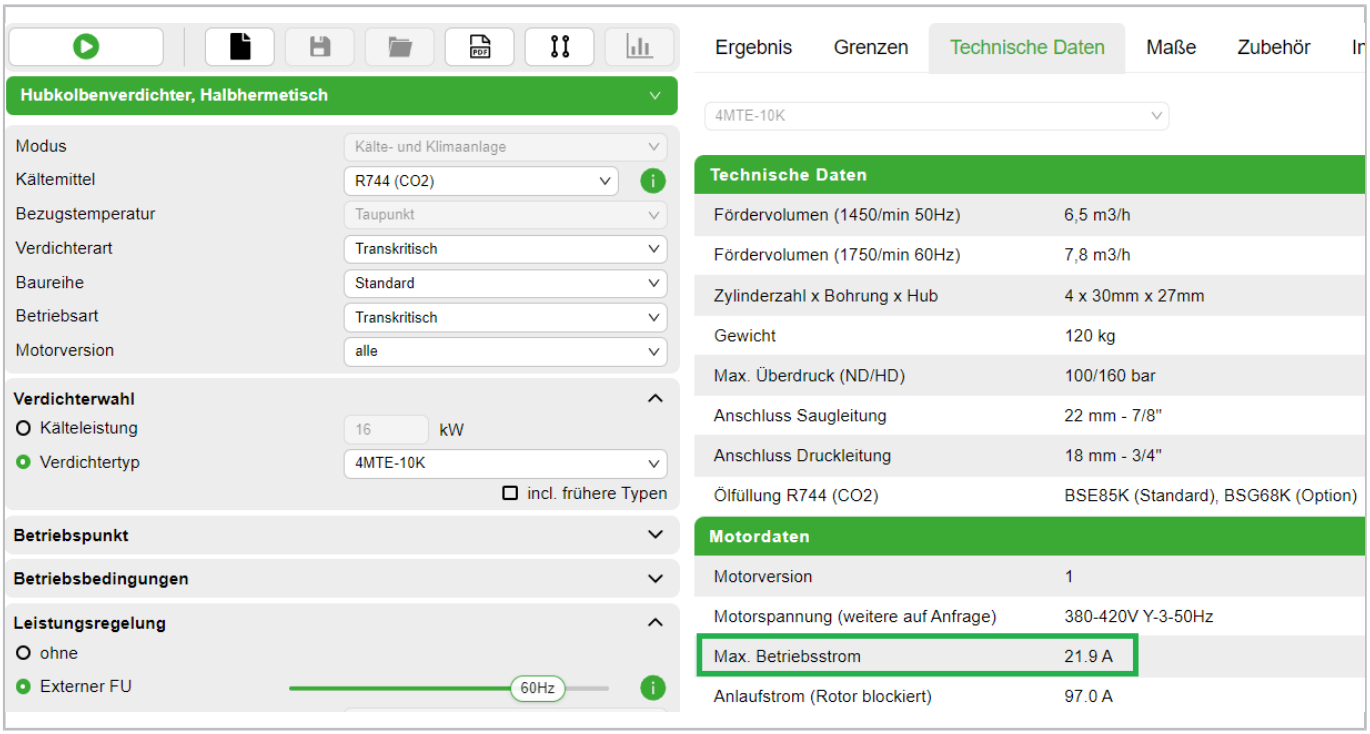


Abb. 9: Der "Max. Betriebsstrom" aus der BITZER SOFTWARE (hier: 21,9 A)
multipliziert mit einem verdichterspezifischen Faktor (für 4-Zylinder-Verdichter: F = 1,6)
ergibt die nötige kurzfristige Überlastfähigkeit des Frequenzumrichters.
Bei BITZER VARIPACK Frequenzumrichtern ist dies bereits in der Auslegung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

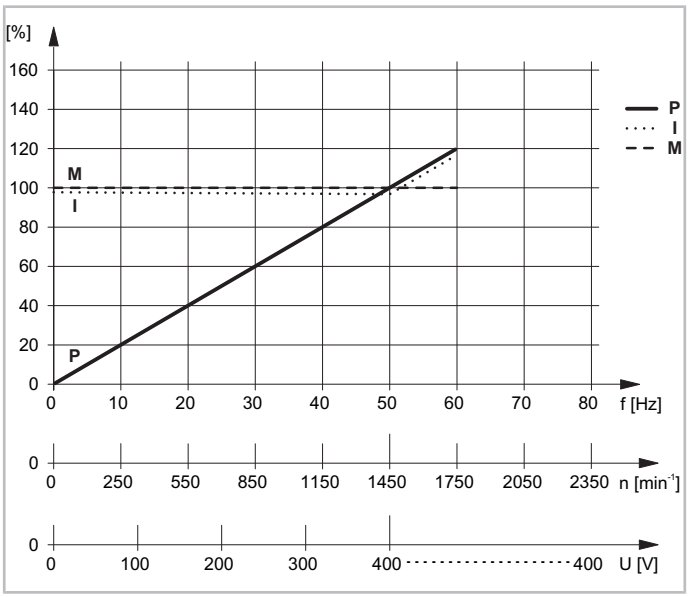


Abb. 10: Betriebscharakteristik eines Verdichtermotors bei Betrieb mit FU (400 V/3/50 Hz) mit Reserve.

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 (*Anwendungsbereiche*). 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. 6CTE**U**-50**L**K) sind mit einem Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor) ausgestattet. Die darin enthaltenen Permanentmagnete erzeugen ein nicht vernachlässigbares magnetisches Feld, das jedoch vom Verdichtergehäuse abgeschirmt wird.

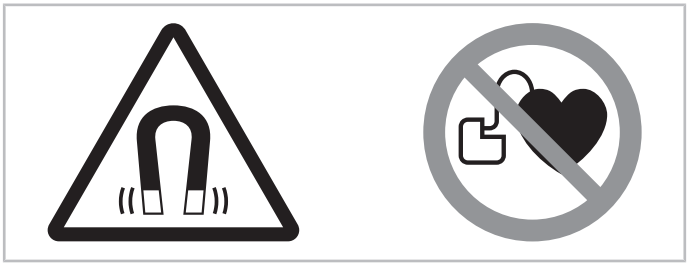


Abb. 11: Warn- und Verbotsschilder auf einem Verdichter mit Permanentmagnetmotor

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)

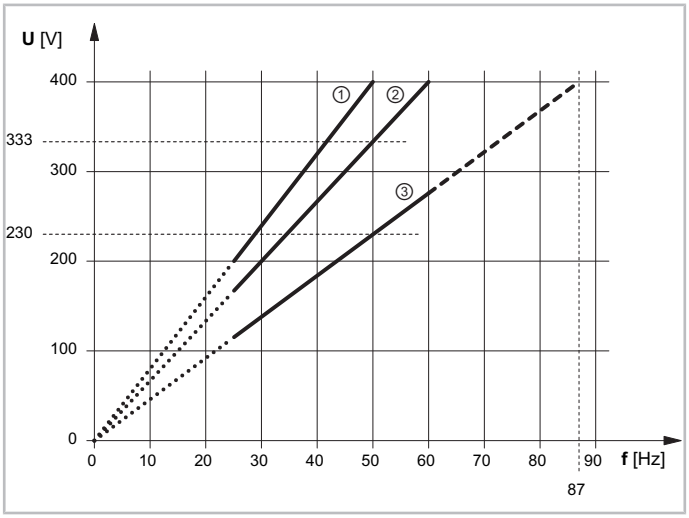


Abb. 12: Spannungsanstieg über der Frequenz bei verschiedenen Motoren
①: 400 V/3/50 Hz
②: 400 V/3/60 Hz
③: 230 V/3/50 Hz

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.

Kältemitteleinspritzventil bei halbhermetischen 2-stufigen Verdichtern

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

5 Geeignete Schutzeinrichtungen

Für Hubkolbenverdichter mit Frequenzumrichter-Betrieb kommen prinzipiell die Schutzgeräte SE-B* und das Verdichtermodul 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*

- *CT-120*: Verdichterschutzgeräte für BITZER Verdichter

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!

Verdichtermodul CM-RC-01

- *KT-230*: Technische Information Verdichtermodul CM-RC-01 für Hubkolbenverdichter

Zur Montage des CM-RC-01 Komplettierungsbausatzes siehe auch:

- *KW-231*: Montage des CM-RC-01 Komplettierungsbausatzes 4JE .. 4FE, 6JE .. 6FE
- *KW-232*: Montage des CM-RC-01 Komplettierungsbausatzes 4VES .. 4NES
- *KW-233*: Montage des CM-RC-01 Komplettierungsbausatzes 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.

Verdichtermodul CM-RC-02

Siehe folgende Technische Informationen:

- *KT-240*: Technische Information Verdichtermodul CM-RC-02 für Hubkolbenverdichter
- *KT-241*: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-A für CM-RC-02
- *KT-242*: Technische Information Erweiterungskarte CM-IO-B für CM-RC-02
- *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 Leistungsbereich. 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

- *AT-300*: Prinzipschaltbilder für BITZER Produkte

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. Dort sind auch der elektrische Anschluss sowie die Steuer- und Regelfunktionen beschrieben.
  - *CB-110* und *CB-111*: Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter
- Prinzipschaltbilder für verschiedene Verdichter mit Frequenzumrichtern sind hier zusammengestellt:
  - *AT-300*: Prinzipschaltbilder für BITZER Produkte

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 Schaltschrankes 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*: Betriebsanleitung Halbhermetische einstufige Hubkolbenverdichter

Hubkolbenverdichter mit 40P-Motor

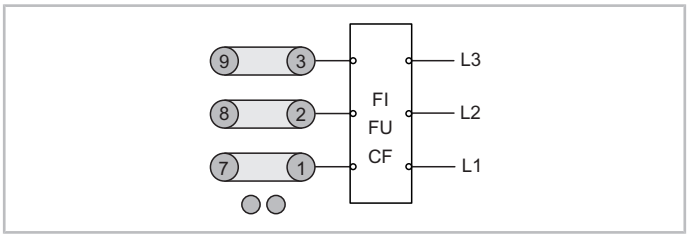


Abb. 13: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Hubkolbenverdichter mit 40P-Motor

Hubkolbenverdichter mit 40S-Motor

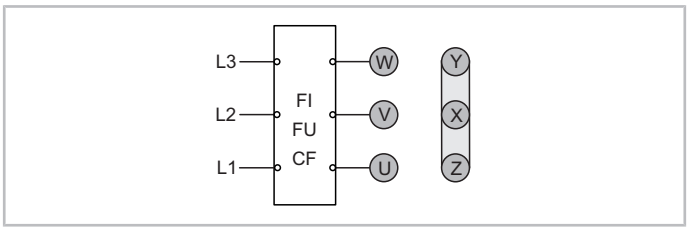


Abb. 14: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Hubkolbenverdichter mit 40S-Motor in Sternschaltung

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!

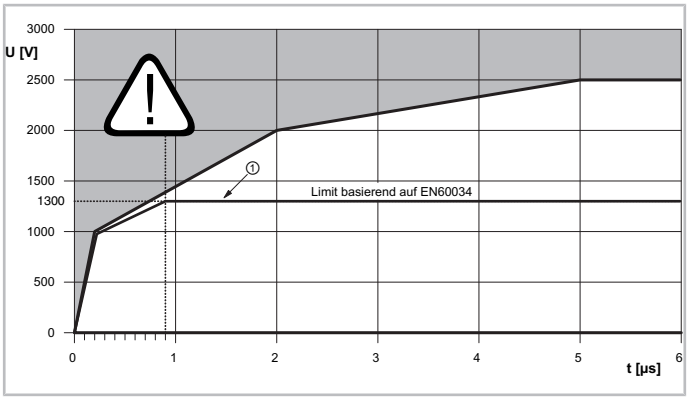


Abb. 15: Grenzen des Spannungsanstiegs an den Motorklemmen. Weiß hinterlegt: zulässiger Bereich.
t: Anstiegszeit

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. 6CTE**U**-50**L**K) sind mit einem Direktanlauf-Permanentmagnetmotor (LSPM-Motor) ausgestattet. Die darin enthaltenen Permanentmagnete erzeugen ein nicht vernachlässigbares magnetisches Feld, das jedoch vom Verdichtergehäuse abgeschirmt wird.

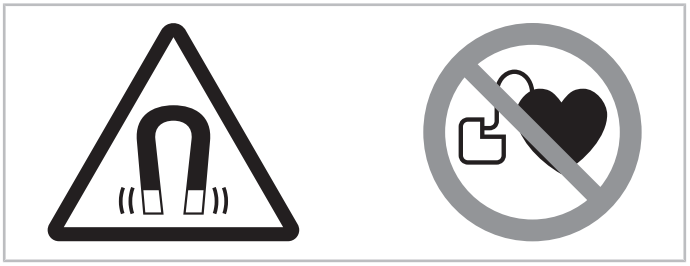


Abb. 16: Warn- und Verbotsschilder auf einem Verdichter mit Permanentmagnetmotor

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!

6.8 Umrichterbetrieb bei Anschlussspannung ≥ 500 V

Bei einer Anschlussspannung < 500 V können BITZER Standardmotoren verwendet werden.

Anschlussspannung ≥ 500 V .. ≤ 690 V

Wenn Motoren mit Frequenzumrichtern mit Anschlussspannungen zwischen 500 V und 690 V betrieben werden, können mehrere Faktoren ihre Leistung und Lebensdauer beeinträchtigen.

Die hohe Spannung erhöht die Belastung der Wicklungsisolierung, was zu einem vorzeitigen Ausfall führen kann. Umrichterbetriebene Anlagen erzeugen Spannungsspitzen und Transienten, die diesen Effekt verstärken und zu Teilentladungen führen, welche die Isolierung nach und nach schädigen.

Unter diesen Betriebsbedingungen empfiehlt BITZER,

- geschirmte Kabel zu verwenden,
- die Kabel so kurz wie möglich zu halten; bei einer Kabellänge ≥ 10 m ist ein dV/dt-Filter am Umrichterausgang einzubauen (ein Sinusfilter ist ebenfalls eine Option),
- dV/dt auf 1000 V bei einer Anstiegszeit ≥0,2 µs zu begrenzen.

Geschirmte Kabel tragen dazu bei, elektromagnetische Störungen (EMI) einzudämmen und so die Wahrscheinlichkeit induzierter Spannungen zu verringern, die die Motorwicklungen belasten können.

Außerdem reduzieren kürzere Kabel die Induktivität und Kapazität im System und minimieren damit die Amplitude von Spannungsspitzen und Transienten.

dV/dt-Filter sind dafür ausgelegt, die Änderungsrate der Spannung zu begrenzen und dadurch die Höhe von Spannungsspitzen zu reduzieren. Solche Filter können daher die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Motorwicklungen deutlich erhöhen.

HINWEIS
Beim Einsatz von Permanentmagnetmotoren im sensorlosen Betrieb können dV/dt- oder Sinusfilter die Positionsbestimmung beeinträchtigen.
Dies sollte sorgfältig bewertet werden, um einen Synchronitätsverlust zu vermeiden. Stets die Richtlinien des Umrichterherstellers konsultieren und die Regelparameter entsprechend anpassen.

Weitere technische Informationen in den folgenden Normen:

- NEMA MG1 Part 30
- IEC 60034-25

Anschlussspannung > 690 V

Hierfür ist eine spezielle Konfiguration erforderlich. Bitte wenden Sie sich an BITZER für weitere Unterstützung.

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 φ)

- 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)
- Einschaltrampe (Anlaufsequenz) und Abschaltrampe (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:

- *CB-110* und *CB-111*: Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter

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 Rohrleitungskonstruktion 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.

7.4 Elektronische Expansionsventile und Frequenzumrichter

Bei Kälteanlagen, in denen die Verdichterleistung über Frequenzumrichter (FU) geregelt wird, ist die Abstimmung der Regler für den störungsfreien Betrieb wesentlich. Setzt man verschiedene elektronische Regler (z.B. elektronische Expansionsventile oder Druckregler) in einer Kälteanlage oder Wärmepumpe mit unveränderten Werkseinstellungen ein, führt das häufig zu Störungen und sogar Verdichterschäden:

- Frequenzumrichter für Motorverdichter haben ab Werk häufig sehr kurze Zeiten für Anlauf und Herunterfahren der Drehzahl eingestellt. Die Verdichtermechaniken vertragen schnelle Drehzahlanstiege ohne Probleme und erreichen so schnell eine gute Schmierung.
- Bei elektronisch geregelten Expansionsventilen sind ab Werk dagegen häufig deutlich längere Zeiten für Öffnen und Schließen des Ventils eingestellt. Dadurch wird bei den meisten Verdampfern ein schwingendes Zusammenspiel von Verdampfer und Expansionsventil ("Hunting") gut vermieden.

Die Kombination dieser beiden Grundeinstellungen führt leider bei einer einfachen Ansteuerung durch den Anlagenregler zu Problemen im Betrieb: Wenn die Verdichterleistung sehr viel schneller abgeregelt wird als die Einspritzmenge in den Verdampfer, kann es vorkommen, dass unverdampftes, also flüssiges Kältemittel bis in den Verdichter gelangt. Beim schnellen Anlaufen des Verdichters und langsamen Öffnen des Expansionsventils wird der Ansaugdruck sehr stark abfallen und möglicherweise der Niederdruckschalter ausgelöst - das flüssige Kältemittel im Verdichter verdünnt das Öl stark und führt zu Verdichterschäden.

- Eine Lösung wäre, im Anlagenregler die Zeiten für das Öffnen und Schließen des Expansionsventils und für das Hoch- und Herunterregeln des Verdichters zu programmieren und die Werte am Frequenzumrichter und Expansionsventil kurz einzustellen. So bestimmt der Anlagenregler die Zeiten, und diese können für verschiedene Regelfälle, den Abpumpvorgang etc. unterschiedlich eingestellt werden.
- Die andere Möglichkeit ist, am Expansionsventil die Zeit soweit wie möglich zu verkürzen, ohne den stabilen Betrieb des Verdampfers zu gefährden, und am Frequenzumrichter für den Verdichter eine längere Zeit für die Drehzahlverstellung oberhalb der Mindestdrehzahl einzustellen. Dadurch kann das Ventil den Verdampfer gut regeln, während die Verdichterdrehzahl geändert wird. Hierbei lassen sich allerdings keine unterschiedlichen Regelungen für verschiedene Betriebszustände einstellen.

Table of contents

1 Introduction 29

2 Safety 31

3 Operation with frequency inverter 32

3.1 Refrigerating capacity and system efficiency 32

3.2 Application range 33

4 Selection 37

4.1 Selection with the BITZER SOFTWARE 37

4.2 Compressor motors 42

4.3 To be observed for open drive compressors 44

4.4 To be observed for tandem and 2-stage compressors 44

5 Suitable protection devices 44

6 Electrical installation of compressor and frequency inverter 46

6.1 Arrangement of the wiring 47

6.2 Motor terminals at the terminal plate 48

6.3 Voltage pulses at the motor terminals 48

6.4 Safety chain 49

6.5 Power factor correction 49

6.6 Residual current circuit breakers 49

6.7 Line start permanent magnet motor (LSPM motor) 49

6.8 Frequency inverter operation with power supply voltages ≥ 500 V 50

7 Commissioning 51

7.1 Configuration of the frequency inverter 51

7.2 Recommended start and stop sequences 52

7.3 Cycling rate and minimum running times 52

7.4 Electronic expansion valves and frequency inverters 53

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 (± 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. Rising the evaporation temperature by 1 K increases system efficiency by up to 3%.

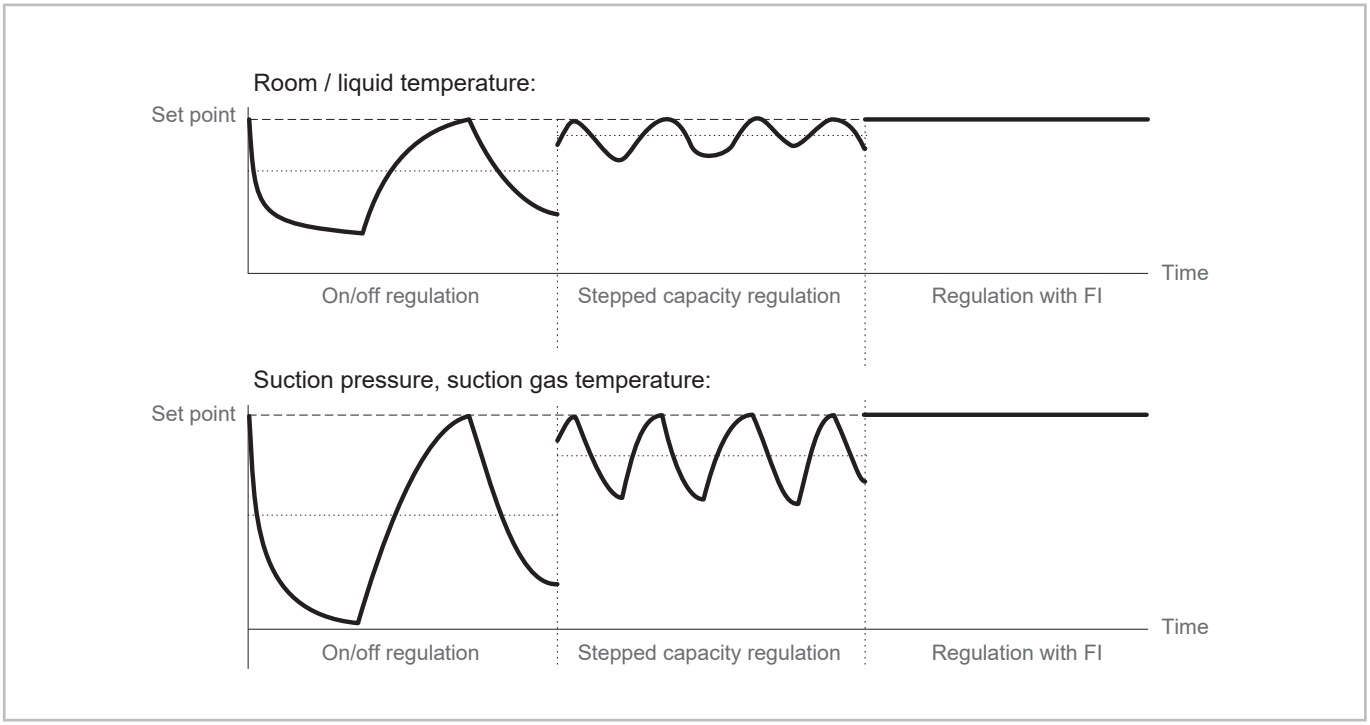


Fig. 1: Capacity control with frequency inverter (FI) compared to on/off and stepped mechanical regulation

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

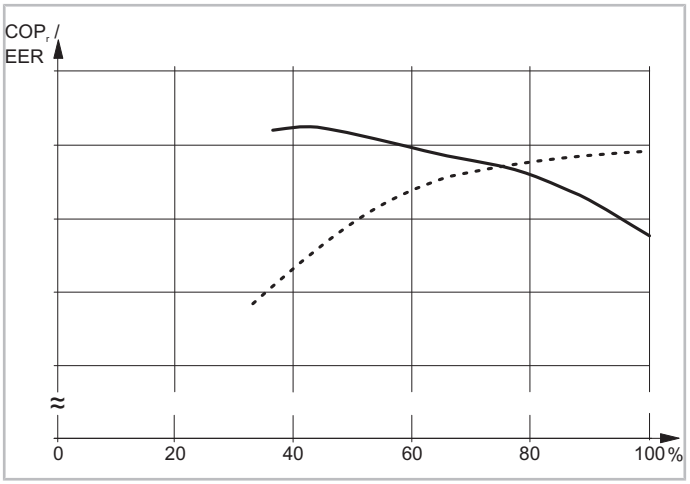


Fig. 2: Comparison of the control characteristics of reciprocating compressor 6JE with CR control vs. frequency inverter (FI): coefficient of performance COP$_r$/EER (ratio of refrigerating capacity to power consumption) as a function of the load.
Dotted line: CR control.
Solid line: FI capacity control.
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$_r$/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 2T.2 .. 6F.2, W2TA .. W6FA
- *CB-110* and *CB-111*: Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters
- *AT-640*: Use of ammonia (R717) in BITZER compressors
- *AT-744*: Application guide for the use of R744

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*).

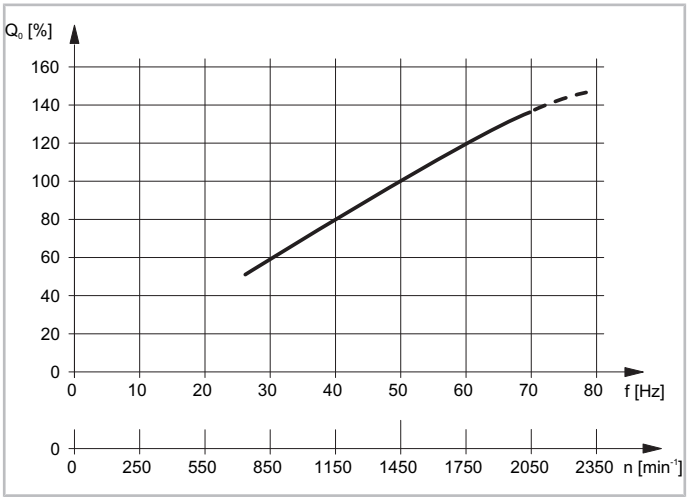


Fig. 4: Typical graph of the refrigerating capacity Q_0 depending on the speed and frequency of reciprocating compressors

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, ECOLINE PRO			
2KES(P) .. 2FES(P)	30 .. 70	900 .. 2050	40S
2EES(P) .. 2CES(P)	30 .. 70	900 .. 2050	40S
4FES(P) .. 4BES(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VES(P) .. 4NES(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4VE(P) .. 4NE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4JE(P) .. 4FE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6JE(P) .. 6FE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8GE(P) .. 8FE(P)	30 .. 60	900 .. 1750	40P
ECOLINE 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(M) .. 8PME(M)	30 .. 60*	900 .. 1750*	40D
ECOLINE R744 transcritical			
2MTE .. 2KTE	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4PTE 4MTE(M) .. 4KTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4JTE(M) .. 4CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6FTE(M) .. 6CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8FTE(M) .. 8CTE(M)	30 .. 60	900 .. 1750	40D
ECOLINE+ R744 transcritical (LSPM)			
4PTEU 4MTE(M)U .. 4KTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
4JTE(M)U .. 4CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
6FTE(M)U .. 6CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
ECOLINE 2-stage			
S4T .. S6F	30 .. 70	900 .. 2050	40P
S4ITE (for R744)	30 .. 70	900 .. 2050	40M
Open drive reciprocating compressors			
2T.2 .. 4G.2 W2TA .. W4GA		750 .. 1750	(external motor)
6H.2 .. 6F.2 W6HA .. W6FA		900 .. 1750	(external motor)
2TFR .. 2NFR		on request	(external motor)

Compressor	Frequency range (Hz)	Speed range (min^{-1})	Standard 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:

- Compressor 2DES-3.F1 with frequency 30 .. 87 Hz
- Compressor 4FE-5.F1 .. 4NE-20.F4 with frequency 25 .. 87 Hz

See also:

- *KB-100*: Operating Instructions Semi-hermetic reciprocating single stage compressors
- *KT-210*: Technical information ECOLINE VARISPEED with frequency inverter .F1

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.

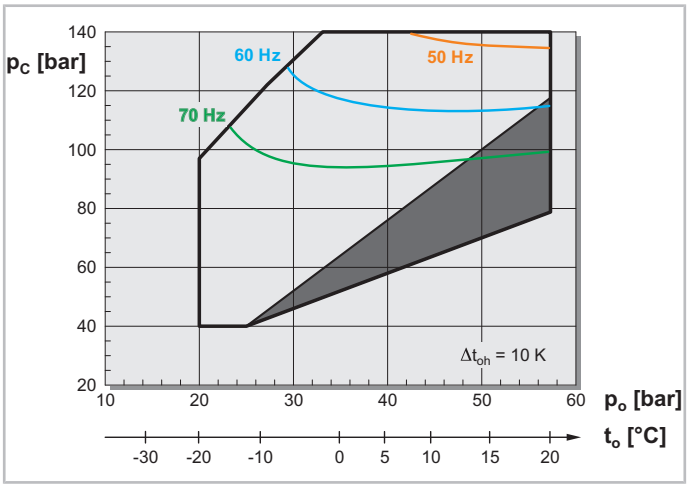


Fig. 5: Example for application limits for reciprocating compressor 4MTE-10 with refrigerant R744 (CO_2) and frequency inverter at 50, 60 and 70 Hz (limits due to motor temperature or maximum current). The compressor may only be operated **below** the indicated frequency lines (otherwise, select a larger 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 compressor, 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 BITZER SOFTWARE, tab "Technical data", and in the following document:

- *AT-340*: Sound data for BITZER compressors

4 Selection

4.1 Selection with the BITZER SOFTWARE

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):

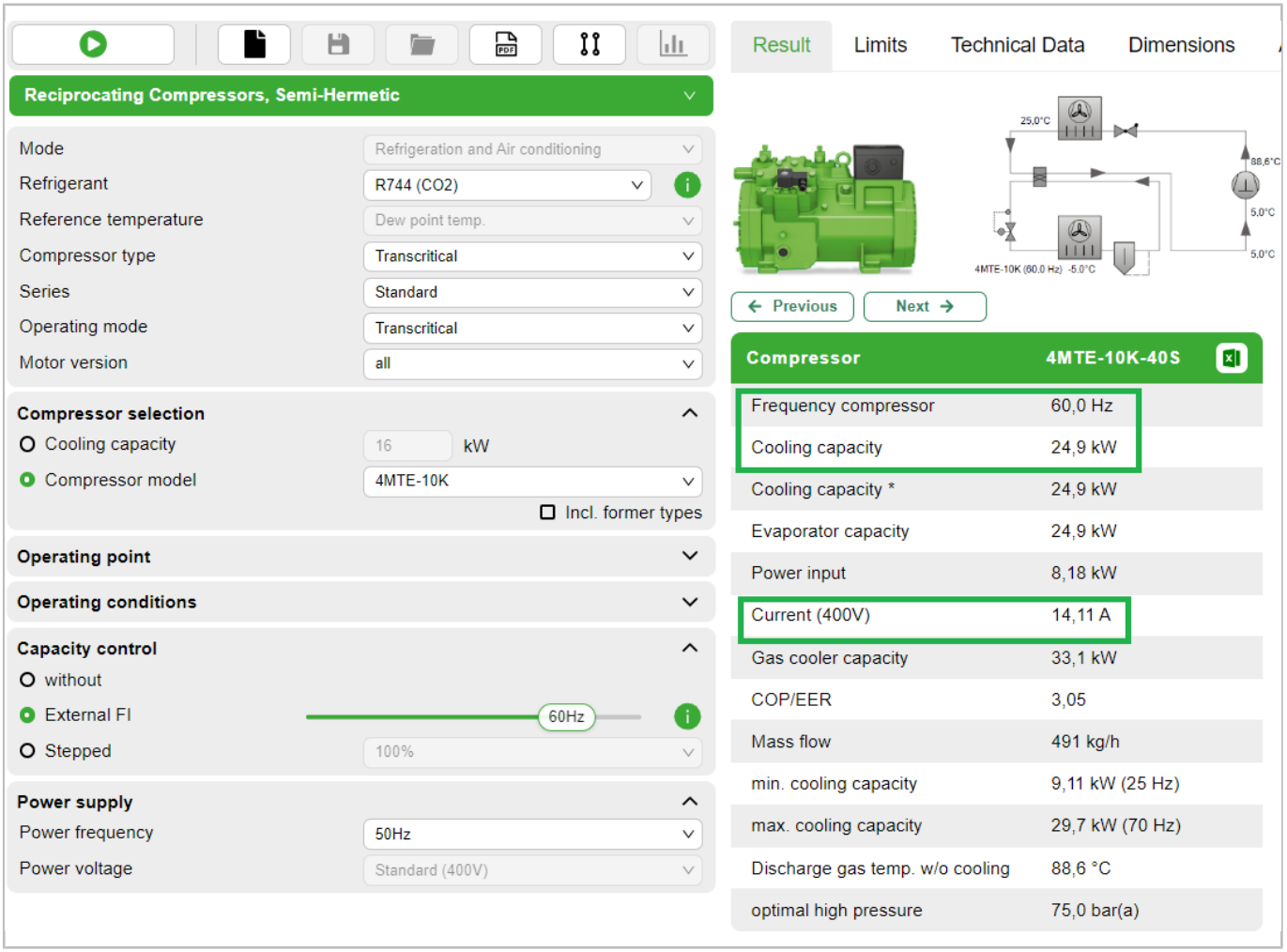


Fig. 6: The BITZER SOFTWARE indicates frequency, cooling capacity and current consumption (voltage) for the chosen compressor.

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:

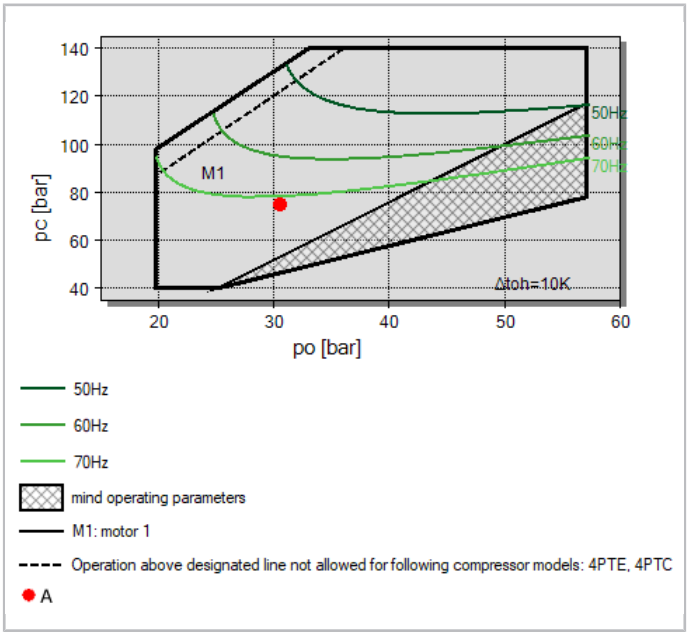


Fig. 7: Visualization of the application limits with frequency inverter in the BITZER SOFTWARE.

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):

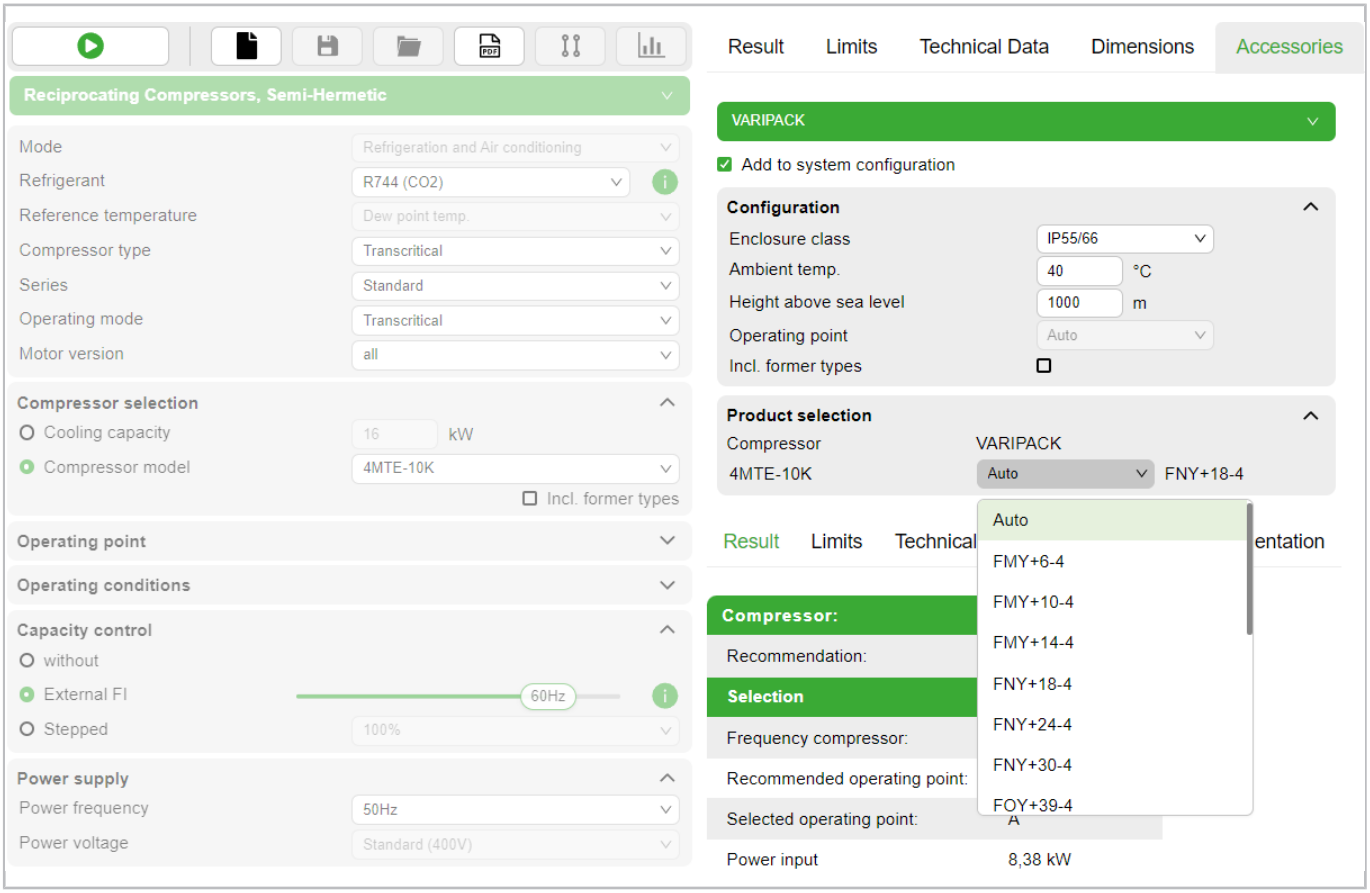


Fig. 8: Menu for choosing the VARIPACK frequency inverter in the accessories module of the BITZER SOFTWARE

For further details on the VARIPACK:

- *CB-110* and *CB-111*: Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters

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.

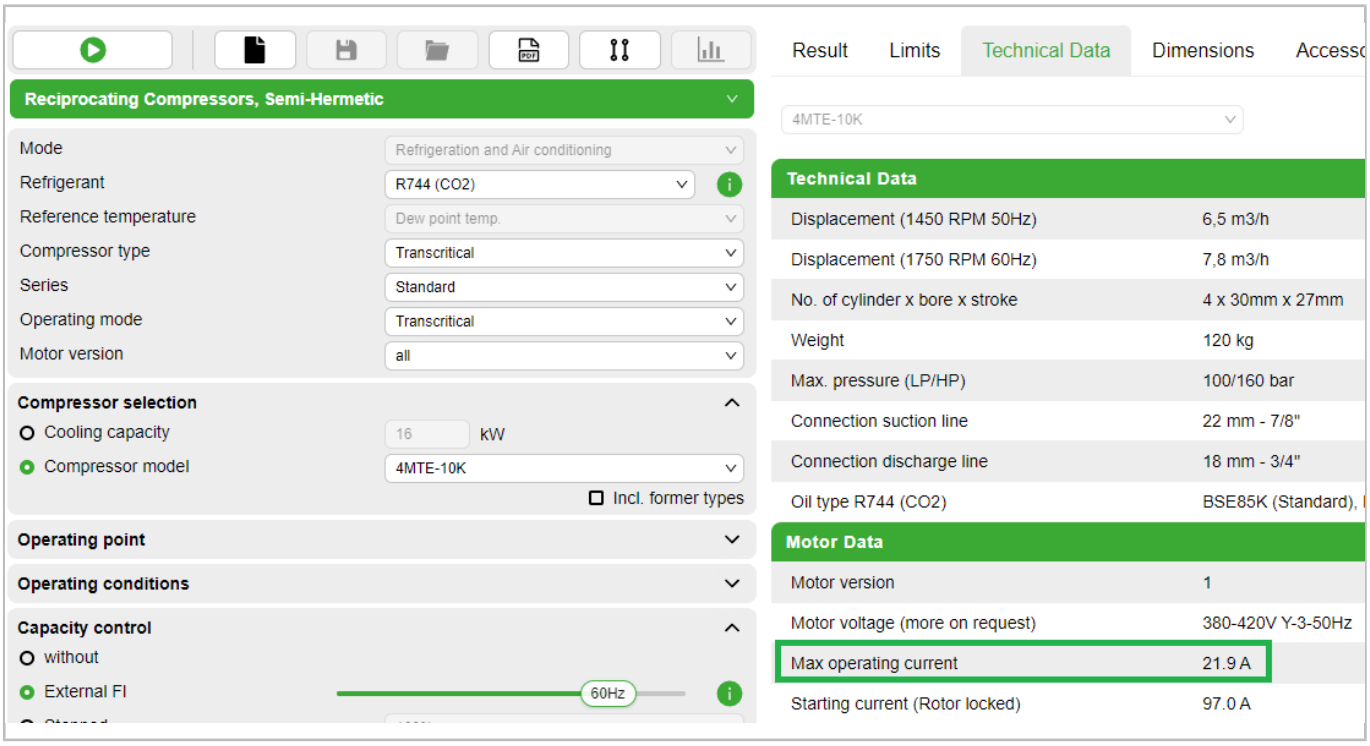


Fig. 9: The "Max. operating current" indicated in the BITZER SOFTWARE (here: 21.9 A)
multiplied by the compressor-specific compensation factor (for 4 cylinder compressors: F = 1.6)
gives the necessary short-term overload capacity of the frequency inverter.
For BITZER VARIPACK frequency inverters, this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

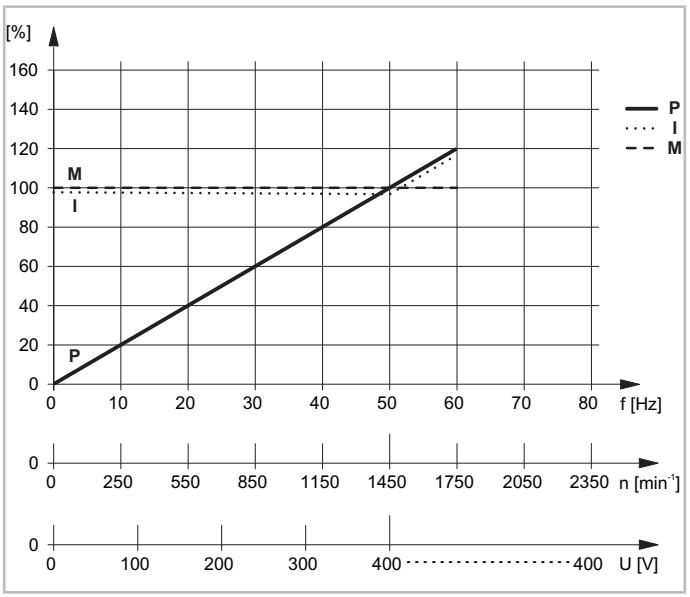


Fig. 10: Operating characteristics of a compressor motor for operation with frequency inverter (400 V/3/50 Hz) with reserve.

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. 6CTE**U**-50**L**K). The built-in permanent magnets generate a non-negligible magnetic field which, however, is shielded by the compressor housing.

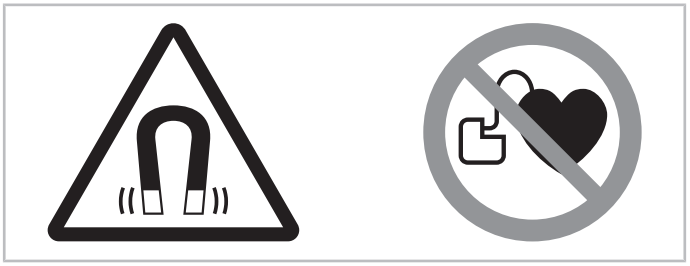


Fig. 11: Warning and prohibition signs on a compressor with permanent magnet motor

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 preferrable 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)

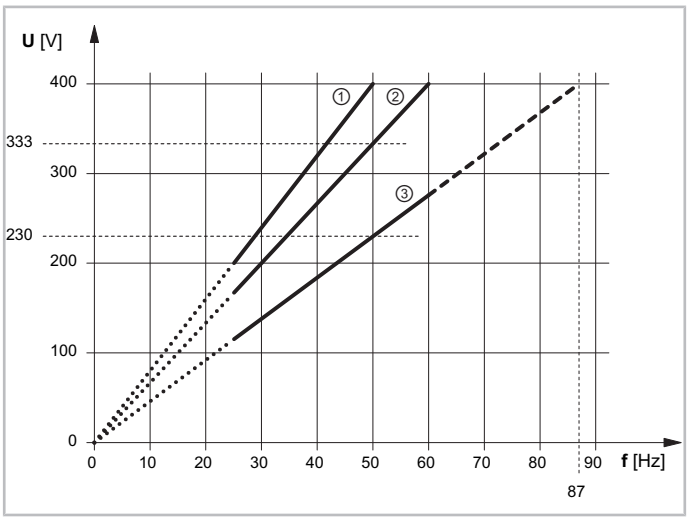


Fig. 12: Voltage increase depending on the frequency for different motors
①: 400 V/3/50 Hz
②: 400 V/3/60 Hz
③: 230 V/3/50 Hz

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*

- *CT-120*: Protection devices for BITZER compressors

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

- *KT-230*: Technical information Compressor module CM-RC-01 for reciprocating compressors

For mounting the CM-RC-01 add-on kit, see also:

- *KW-231*: Mounting the CM-RC-01 add-on kit 4JE .. 4FE, 6JE .. 6FE
- *KW-232*: Mounting the CM-RC-01 add-on kit 4VES .. 4NES
- *KW-233*: Mounting the CM-RC-01 add-on kit 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 no 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 for reciprocating compressors
- *KT-241*: Technical Information Extension board CM-IO-A for CM-RC-02
- *KT-242*: Technical Information Extension board CM-IO-B for CM-RC-02
- *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 no 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

- *AT-300*: Schematic wiring diagrams for BITZER products

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. They also explain in detail electrical connections and control functions.
  - *CB-110* and *CB-111*: Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters
- Schematic wiring diagrams for various compressors with frequency inverter are compiled here:
  - *AT-300*: Schematic wiring diagrams for BITZER products

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 no 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 no 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*: Operating Instructions Semi-hermetic reciprocating single stage compressors

Reciprocating compressors with 40P motor

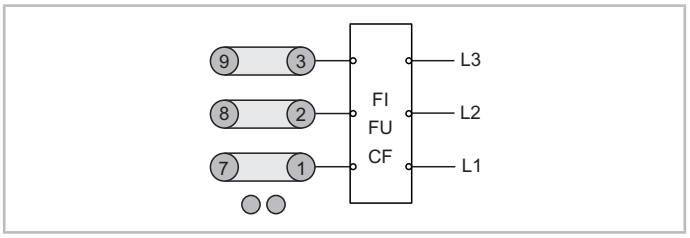


Fig. 13: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for reciprocating compressors with 40P motor

Reciprocating compressors with 40S motor

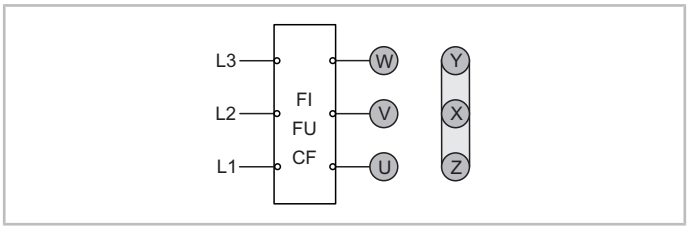


Fig. 14: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for reciprocating compressors with 40S motor and star wiring

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.

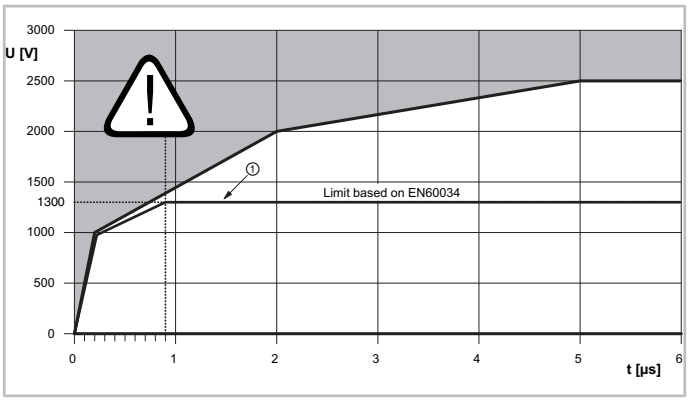


Fig. 15: Limits of voltage increase on motor terminals. White area: permissible range.
t: rise time
U: pulse voltage on motor terminals
①: limit based on EN60034

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. 6CTE**U**-50**L**K). The built-in permanent magnets generate a non-negligible magnetic field which, however, is shielded by the compressor housing.

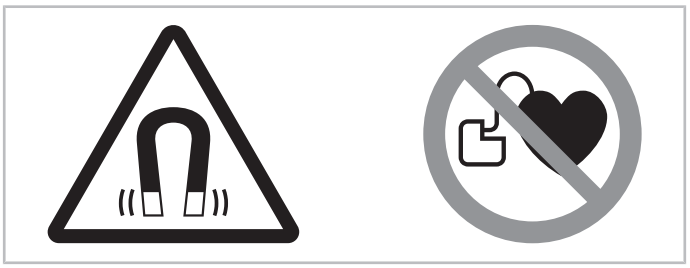


Fig. 16: Warning and prohibition signs on a compressor with permanent magnet motor

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!

6.8 Frequency inverter operation with power supply voltages ≥ 500 V

For supply voltages < 500 V, BITZER standard motors can be used.

Supply voltage ≥ 500 V .. ≤ 690 V

When motors are powered by frequency inverters with input voltages between 500 V and 690 V, several issues can affect their performance and lifespan.

High voltage increases stress on the winding insulation, which can lead to early failure. Inverter-driven systems produce voltage spikes and transients that worsen this effect, causing partial discharges that gradually damage the insulation.

When operating under these conditions, BITZER recommends to

- use shielded cables,
- shorten the cables as much as possible, if cable length ≥ 10 m, install a dV/dt filter at the inverter output (sinus filter is a possible option),
- limit dV/dt 1000 V at rise time ≥ 0.2 µs.

Using shielded cables can help to contain electromagnetic interference (EMI) and reduce the likelihood of induced voltages that can stress the motor windings.

Additionally, shorter cables reduce the inductance and capacitance in the system, thereby minimizing the amplitude of voltage peaks and transients.

dV/dt filters are designed to limit the rate of voltage change, thereby reducing the magnitude of voltage peaks. Such filters can therefore significantly enhance the reliability and lifespan of motor windings.

NOTICE
When using permanent magnet motors in sensor-less mode, the addition of dV/dt or sine wave filters may interfere with position estimation.
This should be carefully evaluated to avoid loss of synchronism. Always consult the drive manufacturer's guidelines and adjust control parameters accordingly.

Further technical information can be found in the following standards:

- NEMA MG1 Part 30
- IEC 60034-25

Supply voltage > 690 V

Special configuration required. Please contact BITZER for further assistance.

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 φ)
- 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:

- *CB-110* and *CB-111*: Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters

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.

7.4 Electronic expansion valves and frequency inverters

For refrigeration systems where compressor capacity is controlled by frequency inverters (FI), the alignment of the controllers is essential for problem-free operation. The application of different electronic controllers (e.g. electronic expansion valves or pressure control valves) in the refrigeration system or heat pump with unchanged default factory settings often leads to faults or even to compressor damage:

- Frequency inverters for motor compressors often have factory settings with very short times for ramping the speed up and down. The mechanical parts of the compressor can handle fast speed increases without problems and achieve good lubrication quickly in this way.
- Conversely, electronically controlled expansion valves usually have factory settings with significantly longer times for opening and closing the valve. This effectively avoids pressure fluctuations ("hunting") for most evaporators.

The combination of these two default settings with a simple control scheme by the system controller unfortunately leads to operational problems: If the compressor capacity is reduced much faster than the injected amount into the evaporator, unevaporated (i.e. liquid) refrigerant may reach the compressor. By starting the compressor up again quickly while the expansion valve opens slowly, the suction pressure will drop sharply, and the low pressure switch could cut out - liquid refrigerant in the compressor dilutes the oil and leads to compressor damages.

- One solution would be to set the opening and closing times for the expansion valve and for speeding up and down of the compressor in the system controller program and to set the frequency inverter and the expansion valve on short values. The system controller would control the timing. Thus, different control cases can use different timing for temperature control, pump down, etc.
- Another option is to shorten the timing of the expansion valve as much as possible without risking stable operation of the evaporator and to set the frequency inverter to a longer time for the speed adjustment above the minimum speed. In this way, the evaporator can be controlled well while the compressor speed is changing. However, with this method, no differences can be made for differing operation modes.

Sommaire

1 Généralités 55

2 Sécurité 57

3 Fonctionnement avec convertisseur de fréquences 58

3.1 Puissance frigorifique et efficacité de l'installation 58

3.2 Champs d’application 59

4 Sélection 62

4.1 Sélection avec BITZER SOFTWARE 62

4.2 Moteurs des compresseurs 66

4.3 Points à respecter pour les compresseurs ouverts 69

4.4 Points à respecter pour les compresseurs hermétiques accessibles tandem et bi-étagés 69

5 Dispositifs de protection appropriés 69

6 Raccordement électrique du compresseur et convertisseur de fréquences 71

6.1 Cheminement de câblage 72

6.2 Raccords du moteur sur la plaque à bornes 73

6.3 Augmentation de la tension d’impulsion sur les bornes du moteur 74

6.4 Chaîne de sécurité 74

6.5 Compensation de la puissance réactive 74

6.6 Disjoncteur différentiel 74

6.7 Moteur à aimant permanent à démarrage direct (moteur LSPM) 75

6.8 Fonctionnement avec un variateur de fréquence et tensions d'alimentation ≥ 500 V 76

7 Mise en service 77

7.1 Configuration du convertisseur de fréquences 77

7.2 Séquences de démarrage et d’arrêt recommandées 78

7.3 Fréquence de commutation et durées de marche minimales 79

7.4 Détendeurs électroniques et convertisseurs de fréquences 79

1 Généralités

Les convertisseurs de fréquences permettent d'adapter en continu la puissance frigorifique du compresseur à la demande de froid de l'installation en régulant la vitesse. La description qui suit explique la conception, le fonctionnement, les champs d'application et les particularités des

- compresseurs à piston BITZER
- en combinaison avec des convertisseurs de fréquences externes installés séparément pour la régulation de la vitesse, par ex. le BITZER VARIPACK.

Tous les compresseurs à piston BITZER sont conçus pour un fonctionnement au-dessus ou au-dessous de la fréquence du réseau et peuvent donc fonctionner sur une plage de puissance particulièrement large.

Avantages du fonctionnement avec convertisseur de fréquences (CF) :

- efficacité plus élevée de l'installation, surtout en cas d'utilisation en charge partielle
- possibilité d'un contrôle plus exact de la température
- température de départ exacte du fluide caloporteur pour les applications critiques de refroidissement du processus et les pompes à chaleur
- températures d'évaporation efficaces plus élevées, ce qui réduit le dessèchement des aliments non emballés et des matières premières dans les enceintes réfrigérées ainsi que le givrage de l'évaporateur
- réduction du nombre de démarrages du compresseur
- réduction de la charge sur le moteur et le réseau électrique grâce au démarrage en douceur intégré : réduction du courant au démarrage par rapport au démarrage direct, démarreur en douceur, démarrage en bobinage partiel ou démarrage étoile-triangle
- dans de nombreux cas : puissance frigorifique plus élevée grâce au fonctionnement au-dessus de la fréquence du réseau (permet d'utiliser un compresseur avec une petite capacité de refoulement à une fréquence de réseau de 50 ou 60 Hz et de réduire éventuellement les coûts par kW de puissance frigorifique)

La figure ci-dessous montre les faibles variations de température en cas de régulation par convertisseur de fréquences :

- régulation par marche-arrêt, à gauche : fortes variations de température, température d'évaporation efficace moyenne relativement basse (fine ligne en pointillés)
- régulation mécanique par étage, au centre : réduction des variations de température grâce à une régulation plus rapide, température d'évaporation efficace moyenne plus élevée et donc une efficacité plus élevée
- régulation par convertisseur de fréquences, à droite : température ambiante ou température de départ du fluide caloporteur très constante (± 0,5 K possible) grâce à la régulation en continu, température d'évaporation efficace moyenne plus élevée, augmentant donc l'efficacité et réduisant, par exemple, la déshydratation des aliments non emballés et des matières premières

L'utilisation d'un convertisseur de fréquences permet d'augmenter la température d'évaporation moyenne, par exemple, de -7 à -4,5°C. Une température d'évaporation plus élevée de 1 K améliore l'efficacité de l'installation de jusqu'à 3%.

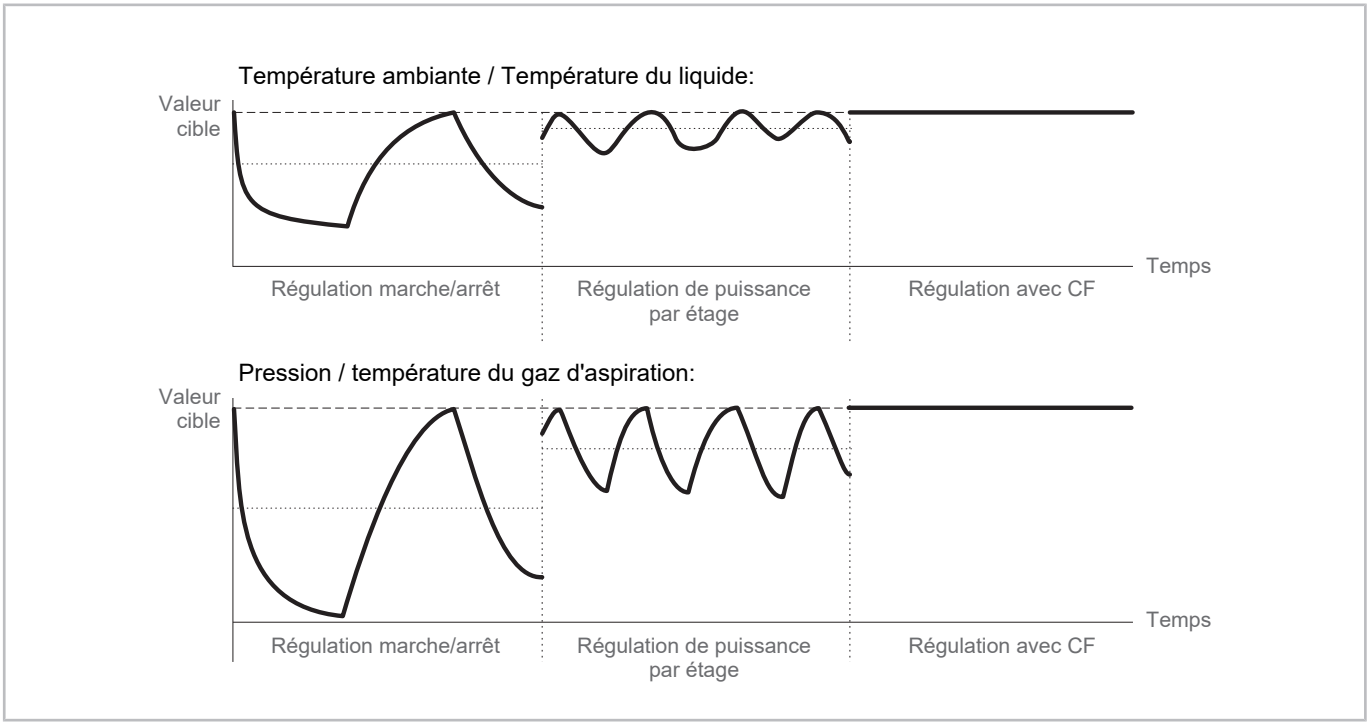


Fig. 1: La régulation de puissance par convertisseur de fréquences (CF) en comparaison avec la régulation par marche-arrêt et la régulation mécanique par étage

Le rapport entre la puissance frigorifique et la charge est illustré dans le diagramme ci-dessous. L'utilisation d'un convertisseur de fréquences est surtout avantageuse en cas de fonctionnement en charge partielle.

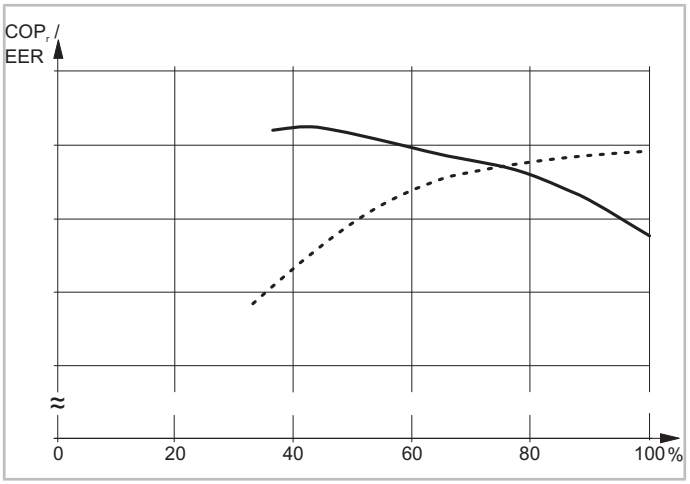


Fig. 2: Comparaison de la caractéristique de régulation d'un compresseur à piston de type 6JE avec régulation CR et celle d'un compresseur avec régulation par convertisseur de fréquences (CF) : coefficient de performance COP_r/EER (rapport puissance frigorifique/puissance relevée) en fonction de la charge.
Courbe en pointillés : régulation CR.
Courbe continue : régulation par CF.
Conditions de fonctionnement : R449A, t_0 : -10°C / t_C : 45°C / Δt_{oh} : 20 K
Avec la régulation CR, l'optimum est toujours de 100% ; en fonctionnement avec CF, l'optimum se situe dans la plage de charge partielle et peut être déplacé par une conception appropriée du compresseur et de la plage de régulation. Les objectifs contradictoires – d'un côté un COP/EER élevé à pleine charge, de l'autre côté une efficacité élevée à charge partielle – exigent un compromis dans la conception.

Tenir également compte de la documentation technique suivante

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

2 Sécurité

Personnel spécialisé autorisé

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

Risques résiduels

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

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

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

Équipement de protection individuelle

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



Fig. 3: Porter l'équipement de protection individuelle !

Indications de sécurité

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

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

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

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

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

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

3 Fonctionnement avec convertisseur de fréquences

3.1 Puissance frigorifique et efficacité de l'installation

Régulation de puissance mécanique

Les mesures suivantes permettent d'adapter mécaniquement la puissance frigorifique d'un compresseur à piston à la demande de froid de l'installation :

- fermeture du canal d'aspiration
- coupure du flux de gaz côté aspiration vers des culasses individuelles
- dans les centrales frigorifiques, également (en plus) en activant et en désactivant des compresseurs individuels

Le compresseur fonctionne à une vitesse de rotation constante ; la vitesse de rotation du moteur est en corrélation directe avec la fréquence de réseau. Pour les moteurs triphasés à 4 pôles, les vitesses nominales suivantes en résultent :

- 1450 min^{-1} à 50 Hz ou
- 1750 min^{-1} à 60 Hz.

Régulation de puissance avec convertisseur de fréquences

Le moment de force moyen au niveau de l'arbre du compresseur dépend surtout des conditions de fonctionnement et du fluide frigorigène et reste donc presque constant sur une large plage de vitesses/de fréquences. C'est pourquoi la puissance frigorifique et la puissance absorbée varient presque proportionnellement à la vitesse de rotation (voir figure ci-dessous) ; la puissance frigorifique peut être réglée en continu à l'aide de la vitesse. Les vitesses autorisées pour les compresseurs BITZER sont mentionnées ci-après (*Champs d'application*).

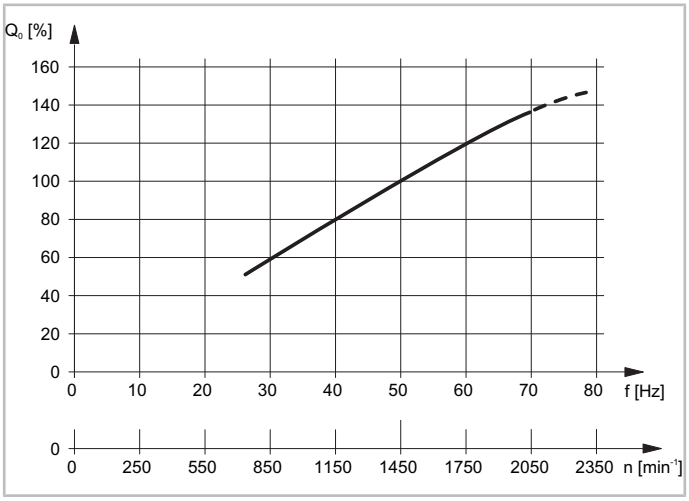


Fig. 4: Évolution typique de la puissance frigorifique Q_0 en fonction de la vitesse de rotation et de la fréquence pour les compresseurs à piston

AVIS
Risque d'endommagement du compresseur et de défaillance du moteur !
Ne pas combiner le fonctionnement avec convertisseur de fréquences avec une régulation de puissance mécanique du compresseur ! Étant donné que le flux massique de fluide frigorigène serait fortement réduit, un refroidissement suffisant du moteur ne pourrait plus être garanti, surtout à faibles vitesses. Des exceptions sont possibles pour les compresseurs à vis, le cas échéant en concertation avec BITZER.

La puissance électrique absorbée est légèrement plus élevée en cas de fonctionnement à pleine charge qu'en cas de fonctionnement du compresseur sur secteur. Cela est dû à des pertes dans le convertisseur de fréquences causées par les pertes de certains composants électroniques pour la conversion de puissance et le refroidissement du convertisseur de fréquences. Une autre cause du réchauffement du moteur et du rendement réduit du moteur sont les ondes harmoniques : plus la qualité ou la configuration du convertisseur de fréquences est bonne, plus la distorsion harmonique totale dans le signal de sortie est faible.

Le fonctionnement et le démarrage du compresseur sont influencés par différentes variables pendant le fonctionnement du convertisseur :

- la courbe de tension limite et règle l'alimentation électrique du moteur,
- la fréquence de commutation du convertisseur électronique dans le convertisseur de fréquences règle la puissance et la fiabilité du moteur,
- la séquence de démarrage et l'amplification de la tension règlent le démarrage du compresseur.

En général, les pertes causées par le convertisseur de fréquences sont compensées par les gains d'efficacité de l'installation en utilisant un cycle plus efficace par l'adaptation de la puissance du compresseur aux exigences de l'installation. L'utilisation d'un convertisseur augmente donc normalement l'efficacité totale de l'installation dans des conditions « réelles ».

Pour garantir que le moteur fonctionne toujours à son point de fonctionnement nominal à vitesse variable, il faut choisir un mode de régulation avec un rapport tension/fréquence (U/f) constant sur le convertisseur de fréquences.

3.2 Champs d'application

Afin d'assurer un fonctionnement sûr du compresseur avec convertisseur de fréquences, il faut absolument tenir compte des facteurs de limitation suivants :

- fréquences maximales et minimales (voir ci-dessous)
- température du moteur maximale
- température d'huile ou de gaz de refoulement et/ou différence de pression (p_C – p_O) maximales
- haute pression maximale et minimale

- courant de service maximal du compresseur
- température d'évaporation maximale
- différence de pression minimale (p_C – p_O)
- pression d'aspiration minimale – celle-ci doit de préférence être légèrement supérieure à la pression atmosphérique.
- refroidissement additionnel suffisant

Ces facteurs de limitation déterminent les limites d'application pour un fonctionnement en toute sécurité. Ces facteurs peuvent cependant varier en fonction des plages de fréquence et des conditions de fonctionnement.

Plages de vitesses de rotation et de fréquences

Compresseur	Plage de fréquences (Hz)	Plage de vitesses de rotation (min^{-1})	Moteur standard
Compresseurs à piston hermétiques accessibles			
ECOLINE, ECOLINE PRO			
2KES(P) .. 2FES(P)	30 .. 70	900 .. 2050	40S
2EES(P) .. 2CES(P)	30 .. 70	900 .. 2050	40S
4FES(P) .. 4BES(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VES(P) .. 4NES(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4VE(P) .. 4NE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4JE(P) .. 4FE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6JE(P) .. 6FE(P)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8GE(P) .. 8FE(P)	30 .. 60	900 .. 1750	40P
ECOLINE SL R744 sous-critique			
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 sous-critique			
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(M) .. 8PME(M)	30 .. 60*	900 .. 1750*	40D
ECOLINE R744 transcritique			
2MTE .. 2KTE	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4PTE 4MTE(M) .. 4KTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40S

Compresseur	Plage de fréquences (Hz)	Plage de vitesses de rotation (min^{-1})	Moteur standard
4JTE(M) .. 4CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6FTE(M) .. 6CTE(M)	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8FTE(M) .. 8CTE(M)	30 .. 60	900 .. 1750	40D
ECOLINE+ R744 transcritique (LSPM)			
4PTEU 4MTE(M)U .. 4KTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
4JTE(M)U .. 4CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
6FTE(M)U .. 6CTE(M)U	25 .. 70	750 .. 2100	40S
ECOLINE bi-étagé			
S4T .. S6F	30 .. 70	900 .. 2050	40P
S4ITE (pour R744)	30 .. 70	900 .. 2050	40M
Compresseurs à piston ouverts			
2T.2 .. 4G.2 W2TA .. W4GA		750 .. 1750	(moteur externe)
6H.2 .. 6F.2 W6HA .. W6FA		900 .. 1750	(moteur externe)
2TFR .. 2NFR		sur demande	(moteur externe)
4UFC .. 6NFC		sur demande	(moteur externe)

Tab. 1: Plages de vitesses de rotation et de fréquences autorisées des compresseurs à piston BITZER avec convertisseurs de fréquences externes et moteurs standard (tenir compte également des limites d'application et du courant absorbé maximal du moteur)
*: Présérie 30 .. 50 Hz

Avec la série VARISPEED, Bitzer propose une série spéciale de compresseurs intégrant un convertisseur de fréquences, le compresseur et le convertisseur de fréquences étant coordonnés :

- compresseur 2DES-3.F1 avec une fréquence entre 30 .. 87 Hz
- compresseurs 4FE-5.F1 .. 4NE-20.F4 avec une fréquence entre 25 .. 87 Hz

Voir aussi :

- *KB-100* : Instructions de service Compresseurs à piston hermétiques accessibles monoétagés
- *KT-210* : Information technique ECOLINE VARISPEED avec convertisseur de fréquences .F1

Conception pour d'autres tensions d'alimentation et fréquences de réseau

Si l'alimentation électrique diffère des conditions normales définies ci-dessus (400 V/3/50 Hz), des moteurs à tension spéciale et une conception adaptée du convertisseur de fréquences pourraient être nécessaires (*Moteurs des compresseurs*). Autres informations sur demande.

Limites d'application

La figure ci-dessous montre à titre d'exemple les limites d'application d'un compresseur à piston à différentes fréquences ainsi que la variation de ces limites en fonction de la température d'évaporation et de condensation. Des

limites d'application spécifiques pour les différents compresseurs, moteurs et fluides frigorigènes sont détaillées dans BITZER SOFTWARE.

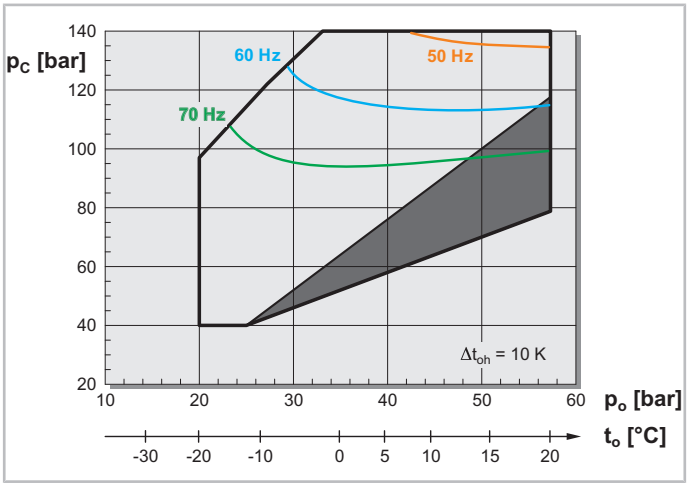


Fig. 5: Exemple des limites d'application du compresseur à piston 4MTE-10 avec le fluide frigorigène R744 (CO_2) et convertisseur de fréquences à 50, 60 et 70 Hz (limites liées à la température du moteur ou l'intensité de courant maximale). Le compresseur ne peut être utilisé que dans la plage **au-dessous** des lignes de fréquence (si nécessaire, utiliser un convertisseur de fréquence plus grand).
t_o : température d'évaporation, t_c : température de condensation, Δt_{oh} : surchauffe du gaz d'aspiration
Zone en gris foncé : tenir compte des paramètres de fonctionnement.

Vibrations

Les vibrations du compresseur et les pulsations de pression sont généralement très faibles. Elles peuvent, cependant, produire des fréquences de résonance dans les tubes et les échangeurs de chaleur (c.-à-d. coïncider avec la fréquence de résonance de l'installation) ce qui peut entraîner des sons, des vibrations et éventuellement une fatigue et des fuites dans la tuyauterie. Les causes possibles de vibrations sont :

- pulsations de pression dans la conduite du gaz de refoulement
- fluctuations de couple agissant sur la fixation du compresseur ou les connexions à bride des conduites
- résonances dans la conduite de l'économiseur (pour les compresseurs à vis et à scroll)

La fréquence de ces vibrations est liée à la fréquence de service du compresseur qui peut varier dans une large plage. Par rapport aux installations à vitesse de rotation fixe (sans convertisseur de fréquences), la situation s'aggrave dans les installations à régulation de fréquence : même si la tuyauterie est adéquate à une certaine vitesse de rotation, cela peut ne pas être le cas pour d'autres vitesses. Pour cette raison, les vibrations des tubes doivent être vérifiées sur toute la plage de vitesse, aussi bien lors de la conception que lors de la mise en service de chaque installation (*Configuration du convertisseur de fréquences*).

Les données issues des mesures acoustiques pour chaque compresseur sont fournies dans le *BITZER SOFTWARE*, sous l'onglet "Données techniques", ainsi que dans le document suivant :

- *AT-340* : Données acoustiques pour les compresseurs BITZER

4 Sélection

4.1 Sélection avec BITZER SOFTWARE

Information
Jusqu'à présent, une conception avec un convertisseur de fréquences externe dans BITZER SOFTWARE n'est possible que pour les compresseurs hermétiques accessibles.

Étape 1 : Sélectionner un compresseur

Sélectionner d'abord le fluide frigorigène, la puissance frigorifique et les points de fonctionnement dynamique ainsi que « Variateur de fréquence externe ». Démarrer ensuite le calcul en appuyant sur le bouton . Le logiciel propose deux compresseurs appropriés dans la plage de la fréquence de service maximale avec leurs moteurs standard (*Champs d'application*). Si l'un de ces compresseurs est sélectionné, le logiciel affiche la fréquence, la puissance frigorifique et le courant absorbé (tension) :

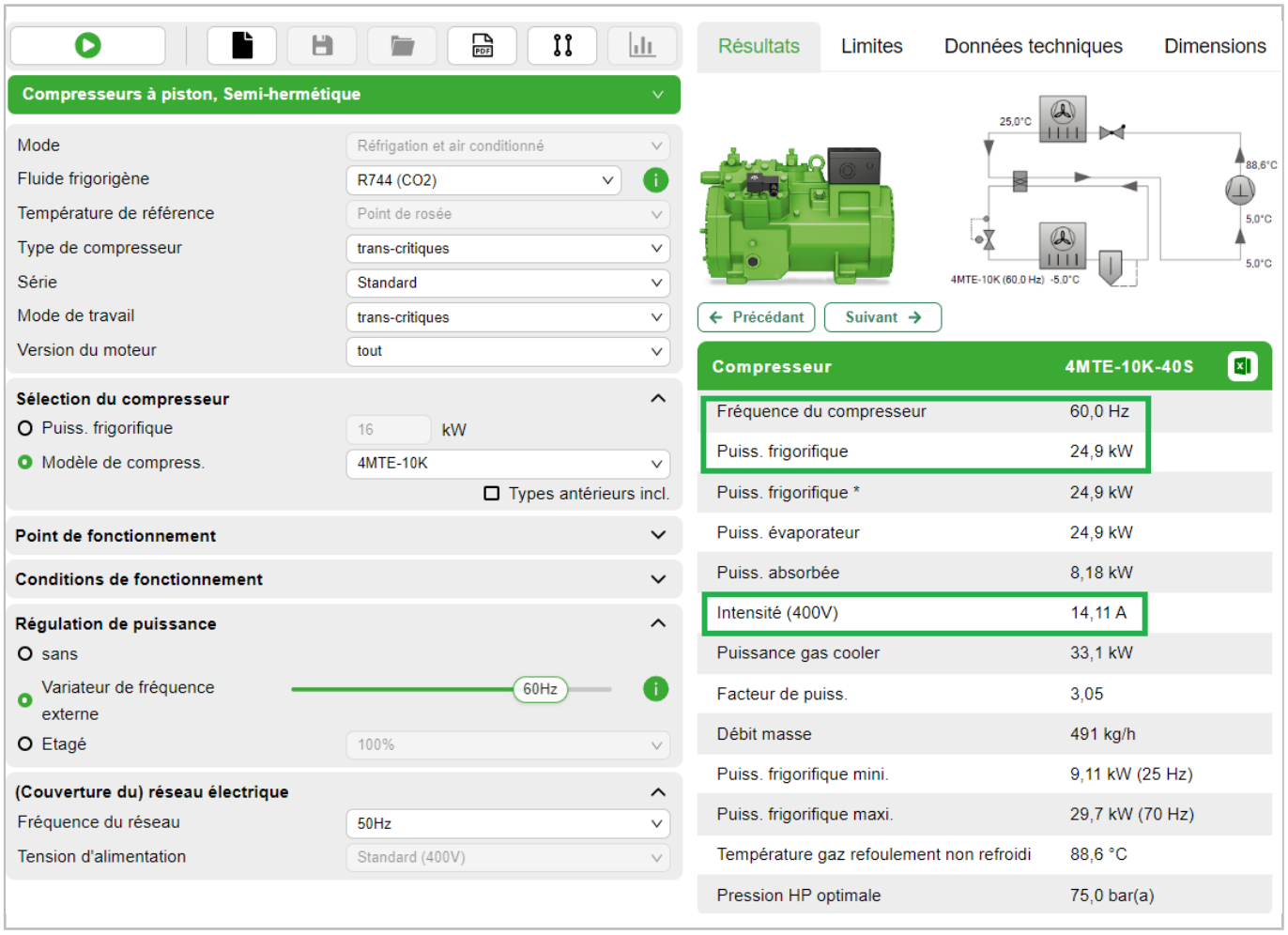


Fig. 6: BITZER SOFTWARE affiche la fréquence, la puissance frigorifique et le courant absorbé (tension) du compresseur sélectionné.

Une augmentation progressive de la fréquence de service (tiroir réglé sur « Variateur de fréquence externe ») permet de déterminer la fréquence de service maximale possible pour la combinaison sélectionnée de compresseur, fluide frigorigène et point de fonctionnement dynamique. Pour le fonctionnement au-dessus de cette fréquence, une version de moteur plus grande (pouvant être sélectionnée dans le menu déroulant « Type de compresseur ») ou un moteur à tension spéciale (*Moteurs des compresseurs*) est éventuellement disponible. Toutefois, le calcul des moteurs à tension spéciale pour le fonctionnement avec CF n'est pas implémenté dans BITZER SOFTWARE et n'est possible que sur demande.

Étape 2a : Sélectionner le convertisseur de fréquences BITZER VARIPACK (si disponible)

Sélectionnez l'onglet « Accessoires » dans la barre de menu en haut.

Information
L'onglet du module d'accessoires ne devient actif qu'après la sélection d'un compresseur.

Le convertisseur de fréquences approprié peut être configuré directement dans le module supplémentaire. Grâce à la structure modulaire des convertisseurs de fréquences VARIPACK, un large choix de versions est disponible : clairement détaillées et parfaitement adaptées aux compresseurs BITZER, ces différentes versions offrent une grande souplesse d'application. Pour plus de détails, voir le bouton d'information à côté du tiroir réglé sur « Variateur de fréquence externe » .

Le comportement au démarrage des compresseurs a été optimisé pour les convertisseurs de fréquences VARIPACK et testé pour les différents fluides frigorigènes. Les résultats ont été enregistrés dans BITZER SOFTWARE. Pour cette raison, un démarrage sûr est toujours garanti.

En outre, BITZER SOFTWARE permet de visualiser les limites de fréquence résultant de la combinaison actuellement sélectionnée de compresseur, fluide frigorigène, point de fonctionnement dynamique et convertisseur de fréquences VARIPACK dans les limites d'application :

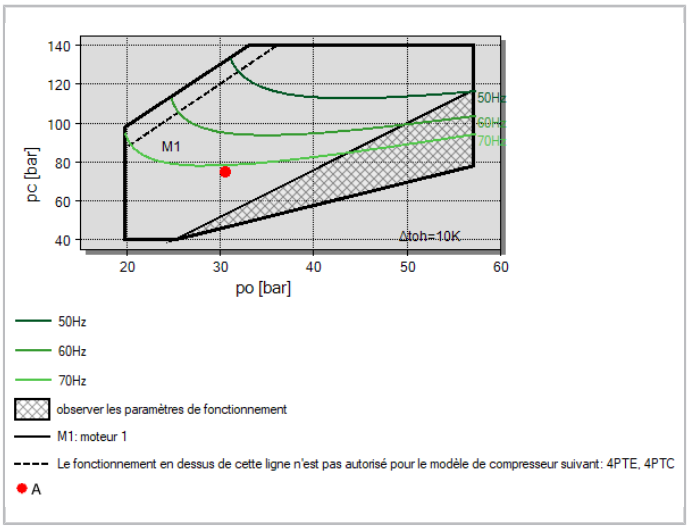


Fig. 7: Visualisation des limites d'application avec un convertisseur de fréquences dans BITZER SOFTWARE.

Si moins de restrictions sont souhaitées en ce qui concerne la fréquence maximale possible, il est possible de les réduire par la sélection d'un convertisseur de fréquences plus grand (si ce n'est pas le moteur qui représente le facteur limitant) :

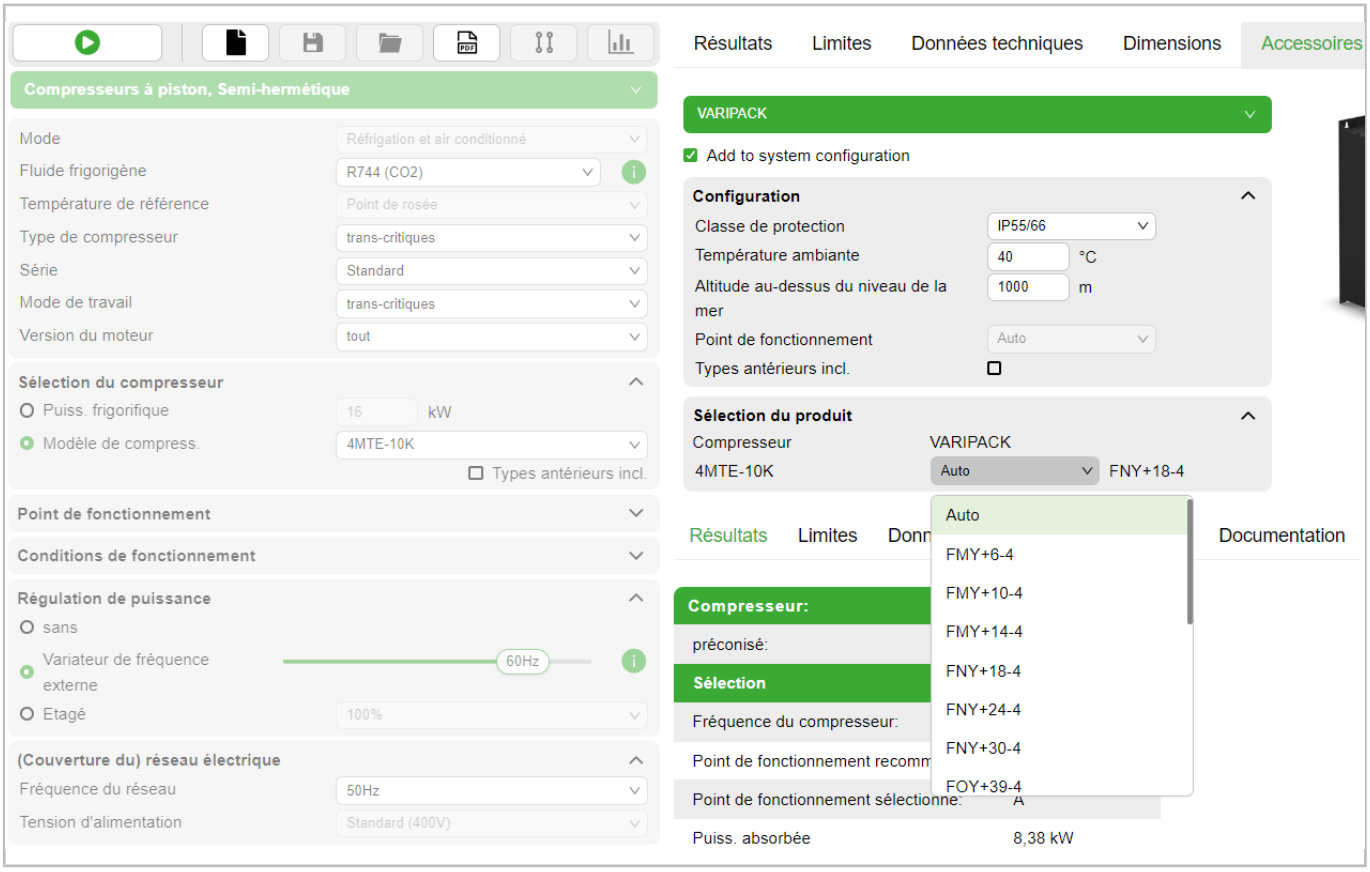


Fig. 8: Menu pour la sélection du convertisseur de fréquences VARIPACK dans le module supplémentaire de BITZER SOFTWARE.

Pour plus de détails concernant le VARIPACK :

- *CB-110* et *CB-111* : Instructions de service VARIPACK – convertisseurs de fréquences BITZER externes

Étape 2b : Sélectionner le convertisseur de fréquences d'un autre constructeur

▸ Prévoir une réserve d'au moins 10% pour le courant de service

Le convertisseur de fréquences doit être en mesure d'alimenter le compresseur en courant de service dans toutes les conditions de fonctionnement. Prévoir une réserve supplémentaire d'au moins 10% pour pouvoir compenser, par exemple, une sous-tension dans le réseau. Si le convertisseur de fréquences est doté d'une fonction limiteur qui limite la fréquence maximale dans de telles circonstances pour assurer un fonctionnement sûr (comme par ex. le BITZER VARIPACK), une réserve plus petite peut être suffisante.

▸ Tenir compte de la capacité de surcharge pour le démarrage du compresseur

Il faut également considérer un facteur de compensation F_c pour le courant consommé au démarrage du compresseur. Car les compresseurs à piston ne présentent pas de courbe de couple uniforme en fonction de l'angle de rotation (l'uniformité augmente avec l'augmentation du nombre de cylindres), un couple de démarrage plus important est nécessaire avec un plus petit nombre de cylindres. Les facteurs de compensation sont les suivants :

- compresseurs à 2 cylindres pour R744 : F = 3
- autres compresseurs à 2 cylindres : F = 2,0
- compresseurs à 4 cylindres : F = 1,6
- compresseurs à 6 cylindres : F = 1,5

- compresseurs à 8 cylindres : F = 1,4

Ce facteur est multiplié par le « Intensité de fonctionnement max. » affiché par BITZER SOFTWARE dans l'onglet « Données techniques » pour le moteur respectif (voir fig. ci-dessous). Ce courant maximal doit être compris dans la capacité de surcharge à court terme du convertisseur de fréquences. Si ce n'est pas le cas, un convertisseur de fréquences plus grand est nécessaire.

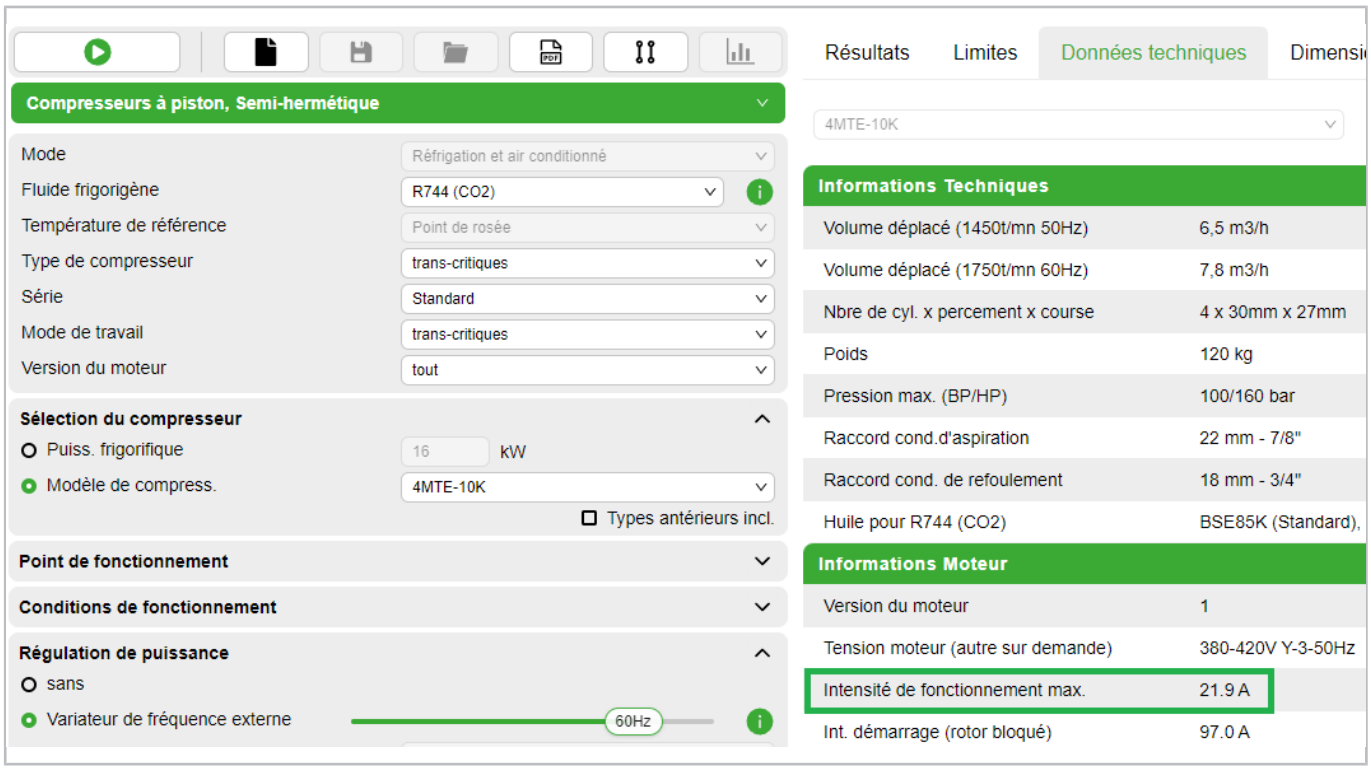


Fig. 9: En multipliant le « Intensité de fonctionnement max. » indiqué dans BITZER SOFTWARE (ici : 21,9 A)
par le facteur spécifique au compresseur (pour un compresseur à 4 cylindres : F = 1,6),
on obtient la capacité de surcharge à court terme nécessaire du convertisseur de fréquences.
Pour les convertisseur de fréquences BITZER VARIPACK, cela est déjà pris en compte lors de la conception.

4.2 Moteurs des compresseurs

Le convertisseur de fréquences ne peut pas transmettre une tension supérieure à la tension d'alimentation. C'est-à-dire : si le convertisseur a une fréquence de sortie plus élevée, la tension du stator ne peut pas continuer à monter. En conséquence, le courant de magnétisation diminue, le champ tournant du stator et le moment sont affaiblis.

Cela veut dire : en augmentant la fréquence au-dessus de la vitesse synchrone, le rapport tension/fréquence U/f diminue. Étant donné que le moment requis par le compresseur reste constant, le courant absorbé par le moteur augmente (voir illustration suivante). C'est pourquoi le moteur doit disposer d'une réserve suffisante (courant/puissance) lorsqu'il fonctionne à la fréquence du réseau. La fréquence/vitesse peut être augmentée jusqu'à ce que la valeur efficace maximale du courant de moteur soit atteinte (cf. courant de service max. sur la plaque de désignation ou dans BITZER SOFTWARE).

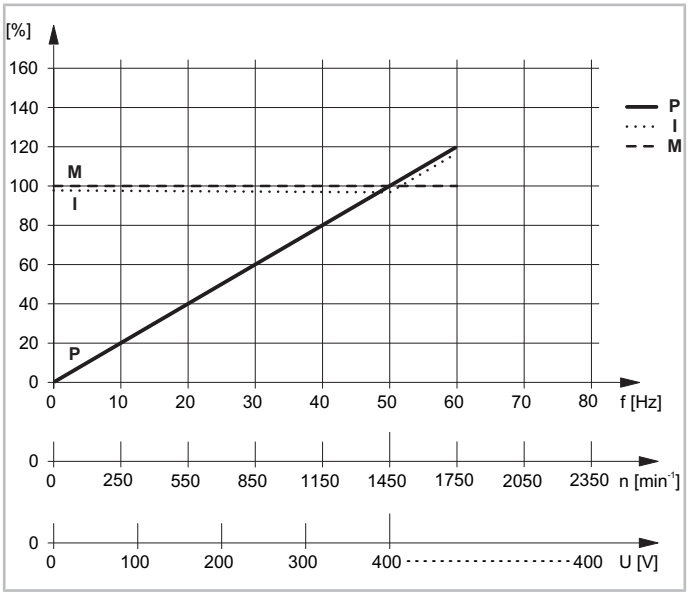


Fig. 10: Caractéristique de fonctionnement du moteur d'un compresseur en fonctionnement avec CF (400 V/3/50 Hz) avec réserve.

P : puissance absorbée max. du compresseur

M : moment de force max. du moteur au niveau de l'arbre du compresseur

I : courant absorbé max. du compresseur

f : fréquence (sortie du convertisseur de fréquences)

U : tension de sortie (convertisseur de fréquences)

Moteurs standard

Pour les applications conventionnelles, BITZER recommande l'utilisation des moteurs standard 40S ou 40P (*Champs d'application*). Ils sont particulièrement économiques et peuvent être utilisés dans une large gamme. Dans BITZER SOFTWARE, vous trouverez les moteurs standard correspondant aux différents compresseurs. La tension d'alimentation s'élève à

- 400 V à 50 Hz ou
- 460 V à 60 Hz.

Moteurs LSPM

Les compresseurs comportant les lettres « U » et « L » dans leur désignation des types (par ex. 6CTE**U**-50**L**K) sont dotés d'un moteur à aimant permanent à démarrage direct (moteur LSPM). Les aimants permanents intégrés génèrent un champ magnétique non négligeable, mais contre lequel le corps du compresseur assure une protection.

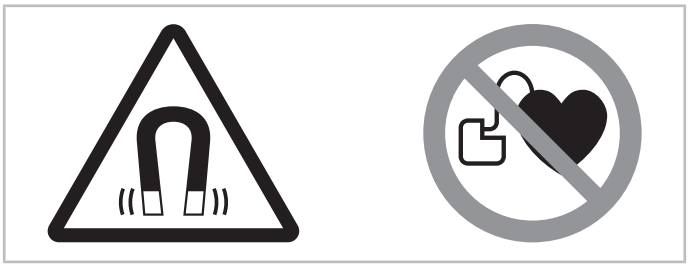


Fig. 11: Panneaux d'avertissement et d'interdiction sur un compresseur avec moteur à aimant permanent

Symboles de sécurité sur le compresseur

AVERTISSEMENT
Champ magnétique très puissant !
Tenir les objets magnétiques et magnétisables loin du compresseur !
Personnes portant un pacemaker, des défibrillateurs implantés ou des implants métalliques : respecter une distance minimale de 30 cm !

Moteurs à tension spéciale

Si le moteur atteint déjà le courant de service maximal dans des conditions standard et sur la fréquence de réseau, un moteur à tension spéciale peut être utile pour permettre une plus grande plage de régulation. Ce dernier permet de maintenir un rapport tension/fréquence U/f constant même au-dessus de la fréquence de réseau, et un moment de force constant est disponible sur tout le champ d'application.

AVIS
Risque d'endommagement du compresseur et de défaillance du moteur à une vitesse de rotation trop élevée !
Tenir compte de la limite de vitesse supérieure du compresseur ! Voir limites d'application.

En fonction de la conception et/ou de la plage de vitesse autorisée du compresseur, le moteur à tension spéciale suivant conviendra (sur la base d'une alimentation électrique de 400 V/3/50 Hz) :

- 40S : 230 V/3/50 Hz (+73% courant du compresseur) au moment de force maximal – tenir compte de la vitesse de rotation maximale du compresseur ! (Figure suivante, courbe ③)

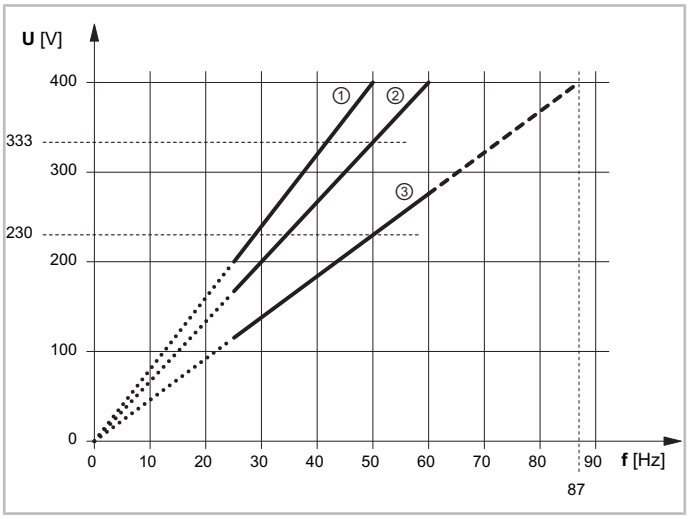


Fig. 12: Augmentation de la tension en fonction de l'augmentation de la fréquence pour différents moteurs
① : 400 V/3/50 Hz
② : 400 V/3/60 Hz
③ : 230 V/3/50 Hz

Avec cette conception, le courant de service est supérieur à celui de la courbe pour 400 V/50 Hz, et ce de 1,2 fois pour la courbe ② et de 1,73 fois pour la courbe ③. Cela augmente le coût du convertisseur de fréquences, c.-à-d. il doit être dimensionné en conséquence.

Information
Un moteur standard permet d'alimenter le compresseur en tension de réseau en cas de défaillance du convertisseur de fréquences.

4.3 Points à respecter pour les compresseurs ouverts

Effectuer l'affectation des moteurs et la conception du convertisseur de fréquences en accord avec les constructeurs.

AVIS
Risque de dégât du moteur dû à un refroidissement insuffisant !
Assurer un refroidissement suffisant du moteur à toutes les vitesses ! Tenir compte des champs d'application du moteur indiqués par le constructeur.

Protection du moteur

Outre un disjoncteur moteur typique pour la limitation de courant, une protection thermique de l'enroulement du moteur est également recommandée. Cela garantit que le moteur fonctionne uniquement aux températures admissibles.

Embrayage et garniture d'étanchéité

Sélectionner l'embrayage avec soin (voir BITZER SOFTWARE). Pour un fonctionnement à basses vitesses/fréquences, il faut choisir un embrayage avec un moment d'inertie suffisant. Voir aussi les Informations techniques *KT-160*.

4.4 Points à respecter pour les compresseurs hermétiques accessibles tandem et bi-étagés

Égalisation d'huile pour compresseurs hermétiques accessibles tandem

En cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences, le niveau d'huile dans les compresseurs tandem peut différer d'un côté du compresseur à l'autre. C'est pourquoi il est nécessaire d'installer un système de régulation du niveau d'huile ou un dispositif d'égalisation d'huile et de gaz entre les deux côtés.

Injecteur de fluide frigorigène pour compresseurs hermétiques accessibles bi-étagés

Avec les compresseurs bi-étagés, il faut veiller à une surchauffe suffisante au niveau de l'injecteur de fluide frigorigène dans toute la plage de vitesse. À cet effet, sélectionner un injecteur approprié pour l'application spécifique.

5 Dispositifs de protection appropriés

En principe, les dispositifs de protection SE-B* et le module compresseur CM-RC peuvent être utilisés pour les compresseurs à piston en fonctionnement avec convertisseur de fréquences.

AVERTISSEMENT
Risque de choc électrique !
Avant tout travail sur la boîte de raccordement, le boîtier du module et les lignes électriques : Désactiver l'interrupteur principal et le sécuriser contre toute remise en marche !
Avant la remise en marche, refermer la boîte de raccordement et le boîtier du module !

Dispositifs de protection SE-B*

- *CT-120* : Dispositifs de protection pour compresseurs BITZER

AVIS
Risque de panne du dispositif de protection du compresseur et du moteur due à une mauvaise connexion et/ou erreur d'utilisation !
Les bornes M1-M2 ou T1-T2 sur le compresseur et B1-B2 sur le dispositif de protection ainsi que les deux câbles des sondes du dispositif de protection ne doivent pas entrer en contact avec la tension de commande ou de service !

Module du compresseur CM-RC-01

- *KT-230* : Information technique Module de compresseur CM-RC-01 pour compresseurs à piston

Pour le montage du kit complémentaire pour le module du compresseur CM-RC-01, voir aussi :

- *KW-231* : Montage du kit complémentaire CM-RC-01 pour 4JE .. 4FE, 6JE .. 6FE
- *KW-232* : Montage du kit complémentaire CM-RC-01 pour 4VES .. 4NES
- *KW-233* : Montage du kit complémentaire CM-RC-01 pour 4FES .. 4BES
- la vidéo sous le lien suivant : *www.youtube.com/watch?v=LJfMtE2Kq4w*

AVIS
Risque d'endommagement ou de défaillance du module du compresseur !
N'appliquer aucune tension aux bornes des borniers CN7 à CN12, même pas pour tester !
Appliquer une tension maximale de 10 V aux bornes du CN13 !
Appliquer une tension maximale de 24 V à la borne 3 du CN14 ; n'appliquer aucune tension aux autres bornes.

Ne jamais mettre sous tension les sorties de tension, même pas pour le contrôle !

Module du compresseur CM-RC-02

Consultez les informations techniques suivants :

- *KT-240* : Information technique Module de compresseur CM-RC-02 pour compresseurs à piston
- *KT-241* : Information technique Carte d'extension CM-IO-A pour CM-RC-02
- *KT-242* : Information technique Carte d'extension CM-IO-B pour CM-RC-02
- *KT-243* : Information technique Carte d'extension CM-IO-C pour CM-RC-02

AVIS
Risque d'endommagement ou de défaillance du module du compresseur !
N'appliquer aucune tension aux bornes des borniers CN1 à CN6, CN11, CN12 et CN23 à CN28 , même pas pour tester !
Appliquer une tension maximale de 10 V aux bornes 1 et 2 du CN23 !
Appliquer une tension maximale de 24 V à la borne 3 du CN1 ; n'appliquer aucune tension aux autres bornes.

Pour assurer un fonctionnement sûr et fiable, un mode « Variateur de fréquence » spécial a été développé pour le module CM-RC et implémenté dans BEST SOFTWARE.

L'utilisation du module CM-RC permet de combiner pour la première fois l'injection de fluide frigorigène (RI) avec un convertisseur de fréquences (ou avec le système CRII pour la régulation de puissance mécanique) ce qui étend les limites d'application du compresseur. Grâce au module CM-RC, l'injection est effectuée de manière très précise et selon les besoins sur une large plage de puissance. Le même kit RI peut être utilisé pour différents fluides frigorigènes et différentes tailles de compresseur à l'intérieur d'un seul corps.

De plus, le module CM-RC peut, par exemple, commander un ventilateur additionnel et contrôler l'ensemble du fonctionnement du compresseur, y compris enregistrer les données.

Schémas de principe

- *AT-300* : Schémas de principe pour les produits BITZER

6 Raccordement électrique du compresseur et convertisseur de fréquences

Cette section contient des informations importantes sur le raccordement et la mise en service d'un convertisseur de fréquences externe.

- Pour les convertisseurs de fréquences qui n'ont pas été commandés auprès de BITZER : tenir compte des instructions de service respectives !
- Pour les convertisseurs de fréquences BITZER VARIPACK, voir les Instructions de service. Ces instructions contiennent également une description du raccordement électrique et des fonctions de commande et de régulation.
  - *CB-110* et *CB-111* : Instructions de service VARIPACK – convertisseurs de fréquences BITZER externes
- Les schémas de principe de différents compresseurs avec convertisseurs de fréquences sont compilés ici:
  - *AT-300* : Schémas de principe pour les produits BITZER

Pour plus d'informations, voir aussi les directives ASERCOM « *Recommandations relatives à l'utilisation de variateurs de fréquences avec compresseurs de fluide frigorigène à déplacement positif* », chapitre 6.

État du compresseur à la livraison :



ATTENTION
Le compresseur est rempli de gaz de protection : Surpression 0,2 .. 0,5 bar de l'azote.
Risque de blessure au niveau de la peau et des yeux.
Évacuer la pression du compresseur !
Porter des lunettes de protection !

Pour les travaux sur l'électricité :



AVERTISSEMENT
Risque de choc électrique !
Avant tout travail sur la boîte de raccordement, le boîtier du module et les lignes électriques : Désactiver l'interrupteur principal et le sécuriser contre toute remise en marche !
Avant la remise en marche, refermer la boîte de raccordement et le boîtier du module !

CM-RC-01:

AVIS
Risque d'endommagement ou de défaillance du module du compresseur !
N'appliquer aucune tension aux bornes des borniers CN7 à CN12, même pas pour tester !
Appliquer une tension maximale de 10 V aux bornes du CN13 !
Appliquer une tension maximale de 24 V à la borne 3 du CN14 ; n'appliquer aucune tension aux autres bornes.

CM-RC-02:

AVIS
Risque d'endommagement ou de défaillance du module du compresseur !
N'appliquer aucune tension aux bornes des borniers CN1 à CN6, CN11, CN12 et CN23 à CN28 , même pas pour tester !
Appliquer une tension maximale de 10 V aux bornes 1 et 2 du CN23 !
Appliquer une tension maximale de 24 V à la borne 3 du CN1 ; n'appliquer aucune tension aux autres bornes.

Pour les travaux sur le convertisseur de fréquences (CF) :

DANGER
Une mise à la terre incorrecte ou insuffisante peut, en cas de contact avec le convertisseur de fréquences, causer des chocs électriques extrêmement dangereux !
Mettre le convertisseur de fréquences complet à la terre de façon permanente et contrôler régulièrement les contacts de terre !
Avant chaque intervention sur l'appareil, contrôler si l'ensemble des raccordements de tension est correctement isolé !

AVIS
Le fonctionnement du convertisseur de fréquences à des températures excessives entraîne une surcharge et réduit la durée de service !
Observer la température ambiante maximale sur le lieu d'installation.
Respecter les espaces libres minimaux pour l'aération.

6.1 Cheminement de câblage

Respecter strictement les recommandations et réglementations d'installation du constructeur du convertisseur de fréquences ! En particulier, tenir compte des consignes suivants :

- Le câble de puissance entre le convertisseur de fréquences et le compresseur doit être muni d'un blindage CEM approprié, raccordé correctement à la plaque de montage de l'armoire électrique ainsi qu'au boîtier du moteur via une large surface de contact.
- Selon l'environnement (zone résidentielle, magasin, industrie, etc.), des filtres CEM supplémentaires peuvent être nécessaires.
- De plus, le moteur doit être mis à la terre à l'aide du conducteur de protection de ce câble.
- Mettre également le boîtier du compresseur à la terre à travers un câble avec une section appropriée.
- En ce qui concerne le câble de puissance, respecter absolument les indications du constructeur du convertisseur de fréquences (par ex. la longueur maximale, la distance par rapport aux autres câbles).

6.2 Raccords du moteur sur la plaque à bornes

Voir aussi Instruction de service

- *KB-100* : Instructions de service Compresseurs à piston hermétiques accessibles monoétagés

Compresseur à piston avec moteur 40P

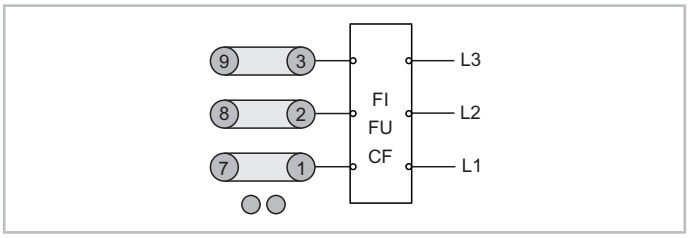


Fig. 13: Raccords du moteur sur la plaque à bornes en cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences (CF) pour les compresseurs à piston avec moteur 40P

Compresseur à piston avec moteur 40S

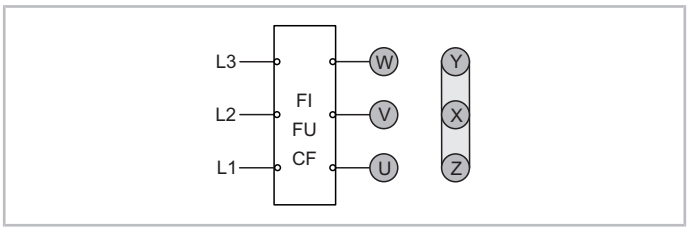


Fig. 14: Raccords du moteur sur la plaque à bornes en cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences (CF) pour les compresseurs à piston avec moteur 40S en connexion en étoile

Les compresseurs à piston ouverts BITZER sont entraînés par des moteurs externes. Pour le raccordement de ces derniers, voir la documentation du motoriste.

6.3 Augmentation de la tension d'impulsion sur les bornes du moteur

La tension du signal de sortie du convertisseur de fréquences augmente par impulsion. Les limites autorisées sont illustrées dans le graphique ci-dessous.

AVIS
Risque de dégât du moteur en cas d'augmentation trop abrupte de la tension sur les bornes du moteur !
Tenir compte des limites de l'augmentation de tension et des impulsions de tension sur les bornes du moteur ; utiliser un filtre sinus si nécessaire !

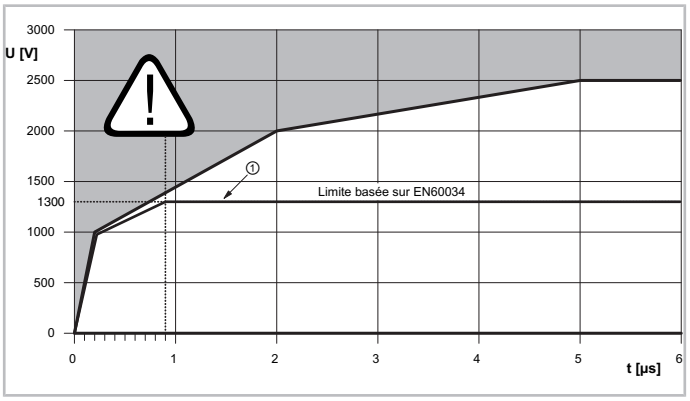


Fig. 15: Limites de l'augmentation de tension sur les bornes du moteur. Sur fond blanc : zone autorisée.
t : temps d'augmentation
U : tension d'impulsion sur les bornes du moteur
① : limites conformes à EN60034

6.4 Chaîne de sécurité

En cas de défauts liés à la sécurité tels qu'un dépassement de la haute pression maximale ou une surcharge du moteur, le convertisseur de fréquences doit être arrêté immédiatement. Cet arrêt d'urgence ne doit pas uniquement être effectué par une fonction de commande électronique standard. Une des mesures de sécurité appropriées est, par exemple, un contacteur principal situé entre le convertisseur de fréquences et le moteur pour une coupure directe de l'alimentation électrique.

Une option plus avantageuse sur certains aspects essentiels consiste à utiliser un convertisseur de fréquences doté de la désactivation sûre du couple (STO) (par ex. BITZER VARIPACK), et d'un circuit intégré dans la chaîne de sécurité, agréé selon EN61800-5-2.

6.5 Compensation de la puissance réactive

Les convertisseurs de fréquences ne génèrent qu'une faible puissance réactive de déplacement. Pour cette raison, une compensation de la puissance réactive n'est généralement pas nécessaire – elle a plutôt un effet nuisible. Une surcompensation mène à des pics de tension pouvant endommager les composants électriques.

6.6 Disjoncteur différentiel

En cas de défaillance de composants internes, le convertisseur de fréquence peut générer un courant continu à haute énergie dans l'ensemble du système de conducteur de protection qui n'est pas détecté par les disjoncteurs différentiels ordinaires. Il est donc recommandé de renoncer à un disjoncteur différentiel au niveau du raccord de puissance ou d'installer une version appropriée.

DANGER
Danger de mort par choc électrique causé par le système de mise à la terre et des boîtiers reliés à la terre !
Sélectionner et monter le disjoncteur différentiel avec le plus grand soin.
Contrôler le système de mise à la terre.

Si un disjoncteur différentiel doit être installé dans le raccord de puissance, celui-ci doit être sensible à tous les courants (type B). Ce type détecte également les courants continus résiduels.

6.7 Moteur à aimant permanent à démarrage direct (moteur LSPM)

Les compresseurs comportant les lettres « U » et « L » dans leur désignation des types (par ex. 6CTE**U**-50**L**K) sont dotés d'un moteur à aimant permanent à démarrage direct (moteur LSPM). Les aimants permanents intégrés génèrent un champ magnétique non négligeable, mais contre lequel le corps du compresseur assure une protection.

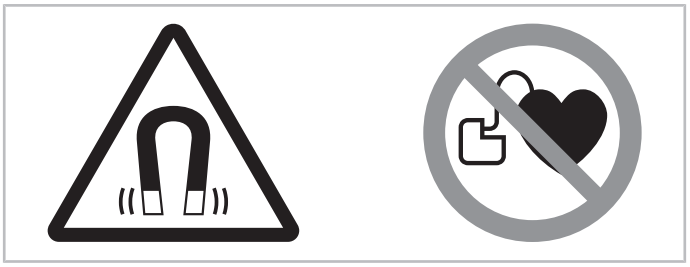


Fig. 16: Panneaux d'avertissement et d'interdiction sur un compresseur avec moteur à aimant permanent

Symboles de sécurité sur le compresseur

AVERTISSEMENT
Champ magnétique très puissant !
Tenir les objets magnétiques et magnétisables loin du compresseur !
Personnes portant un pacemaker, des défibrillateurs implantés ou des implants métalliques : respecter une distance minimale de 30 cm !

Travaux sur le compresseur avec moteur LSPM

Tout travail sur le compresseur ne peut être effectué que par des personnes ne faisant pas partie du groupe susmentionné. Les travaux de maintenance allant au-delà des actions décrites dans les présentes instructions de service et dans les instructions de service *KB-104* ne doivent être effectués qu'après consultation de la société BITZER.

AVERTISSEMENT
Induction, tension électrique !
Ne surtout pas faire tourner le moteur si la boîte de raccordement est ouverte !

Lorsque le rotor tourne, il induit une tension électrique au niveau des boulons de bornes – et ce, même quand le moteur est coupé.

Travaux autorisés sur le compresseur avec moteur LSPM

Raccordement électrique et assemblage vissé dans la boîte de raccordement, remplacement de l'huile ainsi que contrôle et remplacement des soupapes de décharge, des culasses et du voyant. Ces travaux ne nécessitent aucun outil spécial. Avant d'ouvrir le compresseur, il est nécessaire de nettoyer très soigneusement ses environs immédiats. Faire en particulier attention à d'éventuelles particules métalliques libres ! Ne pas ouvrir le couvercle du moteur !

6.8 Fonctionnement avec un variateur de fréquence et tensions d'alimentation ≥ 500 V

Pour les tensions d'alimentation < 500 V, il est possible d'utiliser des moteurs standard BITZER.

Tensions d'alimentation ≥ 500 V .. ≤ 690 V

Lorsque des moteurs sont alimentés par des convertisseurs de fréquence ayant des tensions entre 500 V et 690 V, plusieurs phénomènes peuvent affecter leurs performances et réduire leur durée de vie.

Une tension élevée augmente la sollicitation de l'isolation des enroulements, ce qui peut entraîner une défaillance prématurée. Les systèmes entraînés par convertisseur de fréquence génèrent des pics de tension et des transitoires qui aggravent cet effet, provoquant des décharges partielles qui dégradent progressivement l'isolation.

Dans ces conditions de fonctionnement, BITZER recommande

- d'utiliser des câbles blindés,
- de réduire la longueur des câbles autant que possible ; si la longueur ≥ 10 m, installer un filtre dV/dt à la sortie du convertisseur de fréquence (un filtre sinus est une option possible),
- de limiter le dV/dt à 1000 V avec un temps de montée ≥ 0,2 µs.

L'utilisation de câbles blindés contribue à limiter les interférences électromagnétiques (IEM) et à réduire le risque de tensions induites susceptibles de solliciter les enroulements du moteur.

De plus, des câbles plus courts diminuent l'inductance et la capacité du système, réduisant ainsi l'amplitude des pics de tension et des transitoires.

Les filtres dV/dt sont conçus pour limiter la vitesse de variation de la tension, réduisant ainsi l'amplitude des pics de tension. Ils peuvent donc améliorer significativement la fiabilité et la durée de vie de l'isolation des enroulements du moteur.

AVIS
Lors de l'utilisation de moteurs à aimants permanents en mode « sans capteur », l'ajout de filtres dV/dt ou de filtres sinus peut perturber l'estimation de la position.
Ce doit être évalué avec soin afin d'éviter une perte de synchronisme. Il est toujours recommandé de consulter les instructions du fabricant du convertisseur de fréquence et d'ajuster les paramètres de contrôle en conséquence.

Pour de plus amples informations techniques, se référer aux normes suivantes :

- NEMA MG1 Part 30
- IEC 60034-25

Tensions d'alimentation > 690 V

Une configuration spéciale est nécessaire. Veuillez contacter BITZER pour obtenir de l'aide.

7 Mise en service

7.1 Configuration du convertisseur de fréquences

Pour les travaux sur le convertisseur de fréquences (CF) :



DANGER
Tensions très dangereuses à l'intérieur du corps du CF !
Tout contact peut provoquer des blessures graves ou la mort.
Ne jamais ouvrir le corps du CF en cours de fonctionnement !
Mettre l'interrupteur principal hors circuit et le sécuriser contre toute remise en marche !
Attendre au moins 5 minutes jusqu'à ce que tous les condensateurs soient déchargés !
Avant la remise en marche, refermer le corps du CF.



ATTENTION
En fonctionnement, le dissipateur de chaleur du convertisseur de fréquences devient chaud.
Risque de brûlures en cas de contact !
Avant tout travail sur le convertisseur de fréquences, couper l'alimentation électrique et attendre au moins 15 minutes que le dissipateur de chaleur ait refroidi.



AVIS
Risque de défaillance du convertisseur de fréquences due à une surtension !
Déconnecter toujours le convertisseur de fréquences du circuit à tester avant les essais de haute tension ou les essais d'isolation des câbles pendant le fonctionnement !



AVIS
Risque de dégât du moteur !
Contrôler la fréquence de commutation du convertisseur électronique dans le convertisseur de fréquences et l'ajuster si nécessaire ! Valeur recommandée : 2 .. 6 kHz

- Saisir la fréquence (ou vitesse de rotation) minimale et maximale
- Saisir les données nominales du moteur (voir plaque de désignation)
  - Courant
  - Tension
  - Fréquence
  - Nombre de pôles de moteur
  - (Vitesse du moteur)
  - (Puissance)
  - (cos φ)
- Logique de commande : U/f (proportionnel)
- Fréquence de commutation du convertisseur électronique dans le convertisseur de fréquences : utiliser env. 3 kHz comme valeur par défaut
  - Une faible fréquence de commutation réduit la charge pour l'isolation du bobinage moteur grâce à un nombre réduit de commutations, ce qui se traduit par un rendement plus élevé.
  - Une fréquence de commutation plus importante peut réduire légèrement le son, les pertes et le réchauffement du moteur. En revanche, les pertes dans le convertisseur de fréquences sont plus élevées et donc sa température est plus élevée (tenir compte de la dégradation, c.-à-d. le courant de sortie diminue pendant que la température ambiante augmente).
- Activer la fonction « Autotune » du convertisseur de fréquences (si disponible)

- Définir la rampe montée (séquence de démarrage) et la rampe descente (séquence d'arrêt), voir ci-dessous.
- Définir les rampes de vitesse en cours de fonctionnement (entre la fréquence min. et max.). Ici, le changement de fréquence devrait être nettement plus lent qu'au démarrage et à l'arrêt, ce qui est bénéfique pour le compresseur et l'ensemble de l'installation. Les temps de rampe optimaux dépendent également du type d'installation (centrale frigorifique, compresseur individuel dans un groupe refroidisseur de liquide, etc.). Pour les groupes refroidisseurs de liquide et les pompes à chaleur en particulier, la puissance devrait varier sur plusieurs minutes plutôt qu'en quelques secondes. Typiquement, la rampe d'augmentation de la vitesse ("rampe ascendante") devrait être nettement plus lente que la rampe de diminution de la vitesse ("rampe descendante") - pour les produits BITZER, elle est généralement deux fois moins rapide. Le VARIPACK a par exemple les réglages d'usine suivants :
  - Rampe ascendante : 10s/50Hz
  - Rampe descendante : 5s/50Hz

Pour les convertisseurs de fréquences BITZER VARIPACK, ces étapes de configuration ne sont nécessaires qu'en partie, car ces convertisseur sont déjà préconfigurés et peuvent être adaptés aux conditions spécifiques du système via BEST SOFTWARE, voir:

- *CB-110* et *CB-111* : Instructions de service VARIPACK – convertisseurs de fréquences BITZER externes

Vibrations

AVIS
Risque de fatigue du matériau et de ruptures par vibrations dans l'installation dû à la régulation de vitesse par CF !
Vérifiez soigneusement l'ensemble de l'installation pour détecter d'éventuelles vibrations et résonances à toutes les fréquences de fonctionnement possibles.
Exclure les fréquences accompagnées de résonances via les paramètres correspondants sur le convertisseur de fréquences !

Si un problème de vibrations apparaît à une certaine vitesse de rotation (ou combinaison de vitesses), il peut être possible de modifier ou de renforcer la conception de la tuyauterie pour corriger le problème. Après avoir modifié l'installation, elle doit être testée de nouveau sur toute la plage de vitesse pour s'assurer que la solution pour une vitesse de rotation n'entraîne pas de problème avec une autre vitesse.

La plupart des convertisseurs offrent également la possibilité de programmer des plages de vitesse « à sauter » (plages de bipasse de fréquence) : Le compresseur peut passer par cette plage de vitesse, mais ne doit pas y rester. Toutes les plages de vitesse présentant des problèmes de vibrations ou de bruit peuvent ainsi être « exclues ».

Veuillez contacter BITZER en cas d'autres questions.

7.2 Séquences de démarrage et d'arrêt recommandées

Les rampes de vitesse au démarrage et à l'arrêt du compresseur ne doivent être ni trop rapides ni trop lentes.

- Au démarrage, la fréquence minimale du compresseur doit être atteinte en 1 .. 2 sec. Cela permet un démarrage en douceur tout en assurant une alimentation en huile suffisante du compresseur. La fréquence minimale pour chaque type de compresseur est indiquée ci-dessus (*Champs d'application*).
- Lors de l'arrêt, le compresseur doit ralentir uniformément et s'arrêter en 1 .. 2 sec à partir de la fréquence minimale.

Pour VARIPACK, des séquences appropriées sont enregistrées de manière fixe.

En cours de fonctionnement, les rampes de vitesse ou les changements de fréquence devraient être nettement plus lents (*Configuration du convertisseur de fréquences*).

7.3 Fréquence de commutation et durées de marche minimales

Pour la fréquence de commutation maximale et les durées de marche minimales du compresseur voir les instructions de service respectives. En général, lors d'un fonctionnement avec un convertisseur de fréquence :

- max. 6 démarrages par heure pour les compresseurs avec les fluides frigorigènes R290, R1270, R744 et la série H
- max. 12 démarrages par heure pour les autres compresseurs à piston
- ▸ Respecter les prescriptions relatives à la fréquence de commutation également pendant les travaux de maintenance !

Les durées de marche minimales, par contre, peuvent se prolonger à basses vitesses – dans ce cas, une plus grande attention doit être accordée au retour d'huile.

Pour les travaux sur le compresseur après sa mise en service :



AVERTISSEMENT
Le compresseur est sous pression !
Risque de blessures graves.
Évacuer la pression du compresseur !
Porter des lunettes de protection !



ATTENTION
Les températures de surface peuvent dépasser 60°C ou passer en dessous de 0°C.
Risque de brûlures ou de gelures.
Fermer et signaler les endroits accessibles.
Avant tout travail sur le compresseur : mettre hors circuit ce dernier et le laisser refroidir ou réchauffer.

7.4 Détendeurs électroniques et convertisseurs de fréquences

L'adaptation des régulateurs joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des installations frigorifiques dans lesquelles la puissance du compresseur est réglée au moyen d'un convertisseur de fréquences (CF). Lorsque l'on utilise par exemple différents régulateurs électroniques (par ex. des détendeurs électroniques ou des régulateurs de pression) dans une installation frigorifique ou une pompe à chaleur sans adapter les réglages d'usine, des défauts, voir un endommagement du compresseur, surviennent fréquemment :

- à la livraison, les convertisseurs de fréquences destinés aux motocompresseurs sont souvent réglés sur une très courte durée pour le démarrage et la réduction progressive de la vitesse de rotation. Les mécanismes des compresseurs résistent sans problème à une augmentation rapide de la vitesse de rotation et parviennent ainsi rapidement à une bonne lubrification.
- À la livraison, les détendeurs à régulation électronique sont en revanche souvent réglés sur une durée nettement plus longue pour l'ouverture et la fermeture de la vanne. Avec la plupart des évaporateurs, cela permet d'éviter efficacement un phénomène d'oscillation dans 'interaction de l'évaporateur et du détendeur (« hunting » ou instabilité).

Malheureusement, la combinaison de ces deux réglages de base avec un asservissement simple assuré par le régulateur de l'installation entraîne des problèmes pendant le fonctionnement : lorsque la puissance du compresseur est réduite nettement plus vite que le débit d'injection dans l'évaporateur, du fluide frigorigène non évaporé, et donc liquide, peut parvenir jusque dans le compresseur. Lors du démarrage rapide du compresseur et de l'ouverture lente du détendeur, la pression d'aspiration chute très fortement et le pressostat basse pression risque de se déclencher - le fluide frigorigène liquide dans le compresseur dilue fortement l'huile, ce qui endommage le compresseur.

- L'une des solutions envisageable consiste à programmer dans le régulateur de l'installation les durées pour l'ouverture et la fermeture du détendeur ainsi que pour l'augmentation et la réduction de la puissance du compresseur, et de régler rapidement le convertisseur de fréquences et le détendeur sur ces valeurs. Le régulateur de

l'installation détermine ainsi les durées, qui peuvent être réglées sur des valeurs différentes pour divers cas de régulation, le pump down, etc.

- L'autre possibilité consiste à réduire autant que possible la durée sur le détendeur, sans compromettre la stabilité de fonctionnement de l'évaporateur, et à régler sur le convertisseur de fréquences, pour le compresseur, une durée plus longue pour le réglage de la vitesse de rotation au-dessus du seuil minimal. La vanne peut ainsi régler correctement l'évaporateur pendant la variation de la vitesse de rotation du compresseur. Cependant, il est alors impossible de moduler la régulation pour différentes conditions de fonctionnement.