ST-420-8

Einsatz von externen Frequenzumrichtern bei BITZER Schraubenverdichtern

Deutsch **2**

Operation of BITZER screw compressors with external frequency inverters

English **34**

Utilisation de convertisseurs de fréquences externes avec compresseurs à vis BITZER

Français **65**

Использование внешних преобразователей частоты с винтовыми компрессорами BITZER

Русский **97**

CSH65 .. 96

CSW65 .. 105

HSK53 .. 95

HSN53 .. 95

OSK53 .. 85

OSKA53 .. 105

OSN53 .. 85

OSNA53 .. 105

PDF Download // 03.2025

Änderungen vorbehalten
Subject to change
Toutes modifications réservées
Возможны изменения

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

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 3

2 Sicherheit ... 5

3 Betrieb mit Frequenzumrichter ... 6

3.1 Kälteleistung und Anlageneffizienz ... 6

3.2 Anwendungsbereiche ... 8

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 Spulen für Leistungsregler ... 18

5 Geeignete Schutzeinrichtungen ... 18

6 Elektrischer Anschluss von Verdichter und Frequenzumrichter ... 18

6.1 Kabelführung ... 19

6.2 Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte ... 20

6.3 Anstieg der Impulsspannung an den Motorklemmen ... 20

6.4 Sicherheitskette ... 21

6.5 Blindstromkompensation ... 21

6.6 Fehlerstromschutzschalter ... 21

7 In Betrieb nehmen ... 22

7.1 Konfiguration des Frequenzumrichters ... 22

7.2 Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen ... 23

7.3 Schalthäufigkeit und Mindestlaufzeiten ... 32

7.4 Elektronische Expansionsventile und Frequenzumrichter ... 33

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

Alle BITZER Schraubenverdichter 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%.

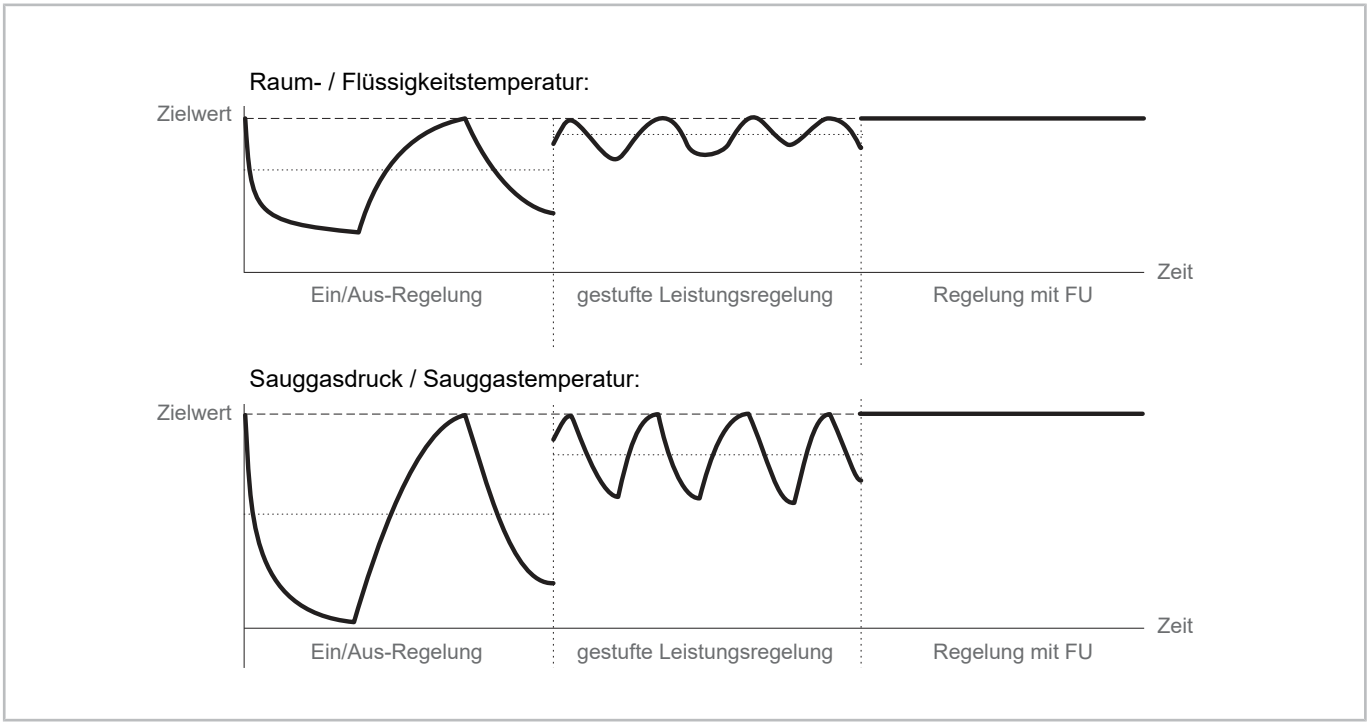


Abb. 1: Leistungsregelung mit Frequenzumrichter (FU) im Vergleich zur Ein/Aus- und gestuften mechanischen Leistungsregelung

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

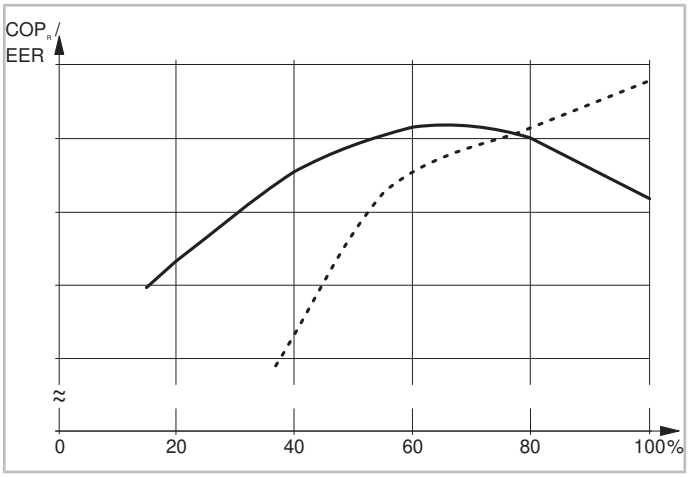


Abb. 2: Vergleich der Leistungsregelungs-Effizienzcharakteristik von Schraubenverdichtern mit Schieberregelung vs. Frequenzumrichter (FU): Leistungszahl COP$_r$/EER (Verhältnis Kälteleistung zu aufgenommener Leistung) in Abhängigkeit von der Last.
Gepunktete Kurve: CSW mit Schieberregelung, Verdichterserie ist optimiert für Volllast-COP$_r$/EER.
Durchgezogene Kurve: CSVW mit FU-Regelung, Verdichterserie ist optimiert für Teillast-COP$_r$/EER (Regelbereich 6,2:1).
Betriebsbedingungen: R134a, t_O: 5°C / t_C: 38°C / Δt_{oh}: 5 K.
Bei der Schieberregelung 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

- *SB-100*: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.53 .. 74
- *SB-110*: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.85 .. 95
- *SB-170*: Betriebsanleitung Halbhermetische Kompaktschraubenverdichter CS.65 .. 105
- *SB-300*: Betriebsanleitung Hermetische Kompaktschraubenverdichter VSK
- *SB-500*: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.53 .. 74
- *SB-520*: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.85, OS.95, OS.105
- *CB-110* und *CB-111*: Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter

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 Schraubenverdichters kann mechanisch u.a. durch Regelschieber oder Steuerkolben an den Kältebedarf der Anlage angepasst werden – 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 2-polige Asynchronmotoren Nenndrehzahlen von

- 2900 min^{-1} bei 50 Hz bzw.
- 3500 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*).

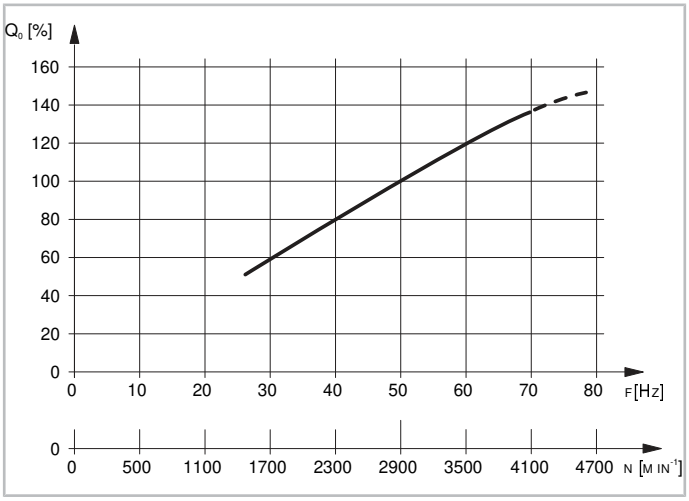


Abb. 4: Typischer Verlauf der Kälteleistung Q_0 in Abhängigkeit von Drehzahl und Frequenz bei Schraubenverdichtern

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 in 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.
- minimalen Kältemittelmassenstrom für Motorkühlung etc.
- ausreichende Ölversorgung für Abdichtung im Profilbereich
- 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})	Anmerkungen
HS.53 .. HS.85	20 .. 75	1200 .. 4400	
HSNP74, HSNP85	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9573 .. HS.9583	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9593 .. HS.95103	20 .. 60	1200 .. 3500	
CS.65 .. CS.105	25 .. 60	1450 .. 3500	Auf Anfrage ggf. erweiterte Grenzen in bestimmten Bereichen möglich. Variante mit integriertem FU: CSV.
OS.53	25 .. 75	1450 .. 4500	
OS.74 .. 85	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.95	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.105	26 .. 67	1500 .. 4000	
VSK31	20 .. 87	1200 .. 5100	mit 230 V-3-50 Hz-Motor
VSK41	20 .. 70	1200 .. 4100	mit 230 V-3-50 Hz-Motor

Tab. 1: Zulässige Drehzahl- und Frequenzbereiche von BITZER Schraubenverdichtern (zusätzlich die Einsatzgrenzen und maximale Stromaufnahme des Motors beachten)

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 bei Betrieb mit Frequenzumrichter

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für Einsatzgrenzen von HS. Verdichtern bei unterschiedlicher Frequenz 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.

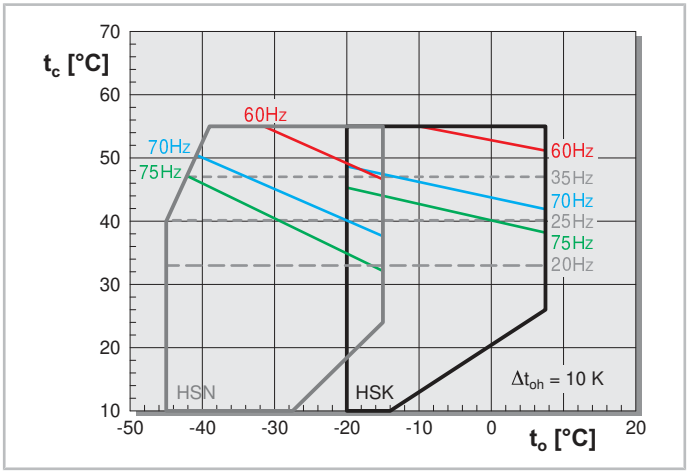


Abb. 5: Beispiel für Einsatzgrenzen von Schraubenverdichter HS.64 mit Frequenzumrichter und Kältemittel R404A. Der Verdichter darf jeweils nur im Bereich **unterhalb** der angegebenen Frequenzlinien betrieben werden.
t_o: Verdampfungstemperatur, t_c: Verflüssigungstemperatur, Δt_{oh}: Sauggasüberhitzung
Gestrichelte graue Linien (20 .. 35 Hz): Beschränkungen abhängig von der Motortemperatur.
Durchgezogene farbige Linien (60 .. 75 Hz): Beschränkungen durch die Motortemperatur oder maximale Stromstärke.

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für Einsatzgrenzen von CSH Verdichtern. Konkrete Einsatzgrenzen, Motoren und Kältemittel sind in der BITZER SOFTWARE aufgeführt. Für CS.-Verdichter bietet BITZER eine eigene Serie CSV. mit integriertem Frequenzumrichter an, bei der Verdichter und Frequenzumrichter aufeinander abgestimmt sind:

- *SB-160*: Betriebsanleitung Halbhermetische Kompaktschraubenverdichter mit integriertem Frequenzumrichter CSV.

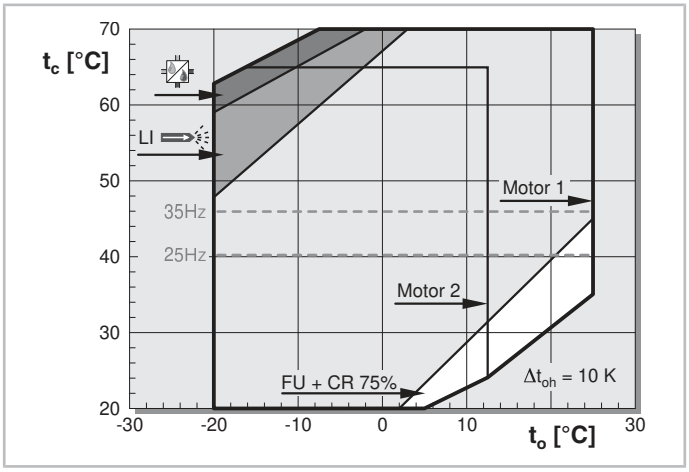


Abb. 6: Beispiel für Einsatzgrenzen von Schraubenverdichter CSH mit Frequenzumrichter (FU) und Kältemittel R134a. Der Verdichter darf jeweils nur im Bereich **unterhalb** der angegebenen Frequenzlinien betrieben werden.
t_o: Verdampfungstemperatur, t_c: Verflüssigungstemperatur, Δt_{oh}: Sauggasüberhitzung
Dunkelgrauer Bereich links oben: Ölkühlung erforderlich.
Hellgrauer Bereich links oben: Zusatzkühlung erforderlich.
Gestrichelte graue Linien (25 .. 35 Hz): Beschränkungen abhängig von der Motortemperatur.
Einsatz bei 60 Hz nach individueller Auslegung.
Weißer Bereich rechts unten: CR nur bis 75% freigegeben.

Schwingungen

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

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

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

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

4 Auswahl

4.1 Auswahl mit der BITZER SOFTWARE

Information
In der Bitzer Software ist eine Auslegung mit externem Frequenzumrichter bisher nur für HS. 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 (*Verdichtermotoren*). Wird einer dieser Verdichter ausgewählt, gibt die Software Frequenz, Kälteleistung und Stromaufnahme (Spannung) aus:

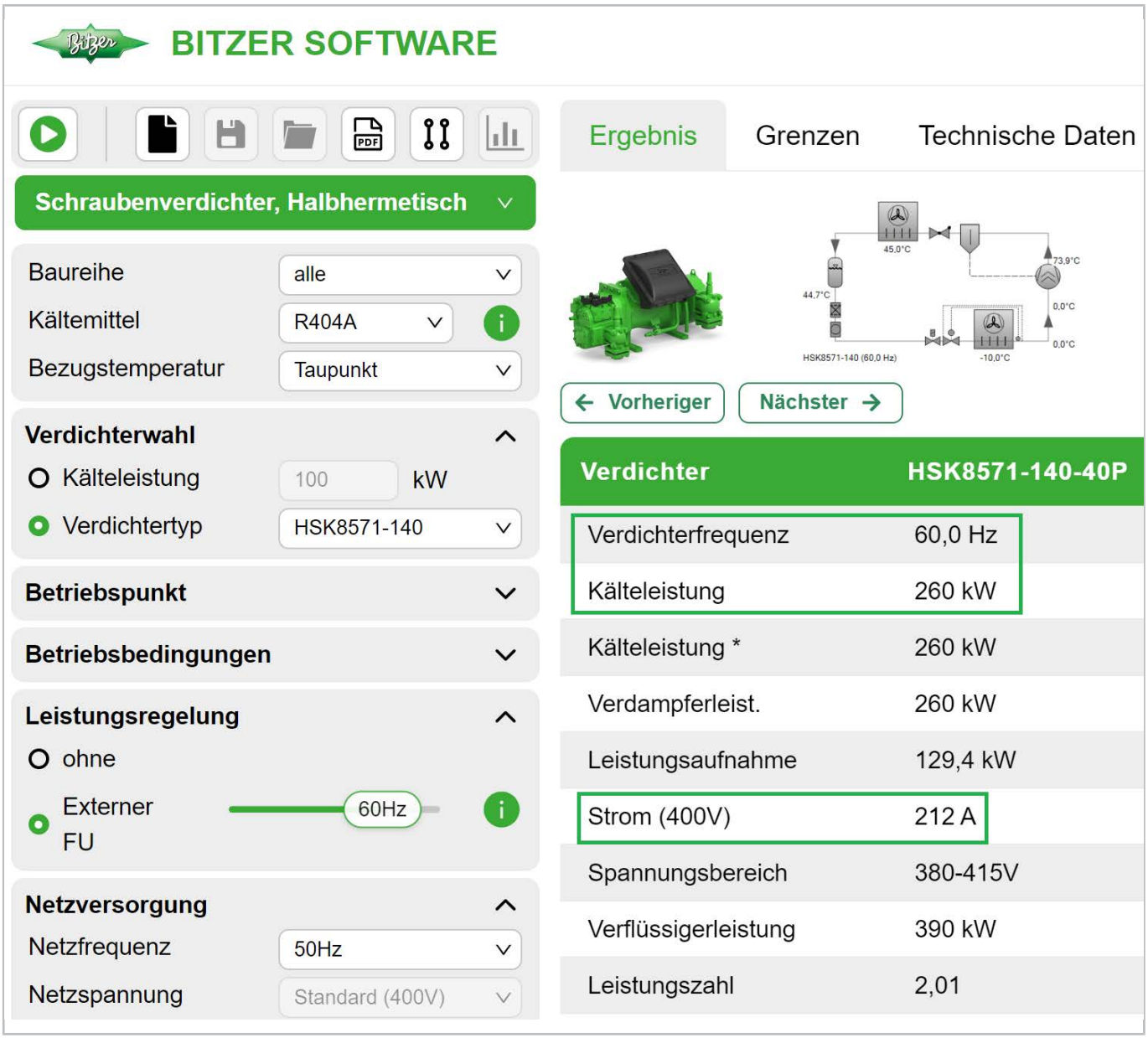


Abb. 7: Die BITZER SOFTWARE zeigt Frequenz, Kälteleistung und Stromaufnahme (Spannung) für den gewählten Verdichter.

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.

Abb. 8: Erhöht man die Betriebsfrequenz eines gewählten Verdichters, kann die maximale Stromaufnahme überschritten werden. Die Software empfiehlt dann eine größere Motorversion oder einen Sonderspannungsmotor.

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

Oben in der Menüleiste auf den Reiter für das Zubehörmodul klicken.

Information
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:

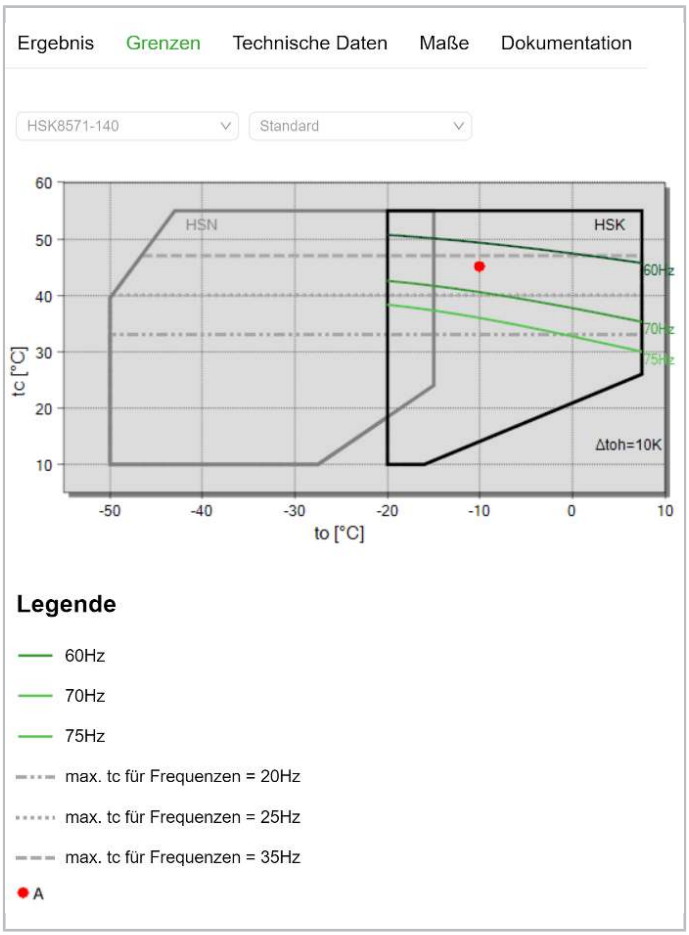


Abb. 9: Visualisierung der Einsatzgrenzen mit Frequenzumrichter in der BITZER SOFTWARE.

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):

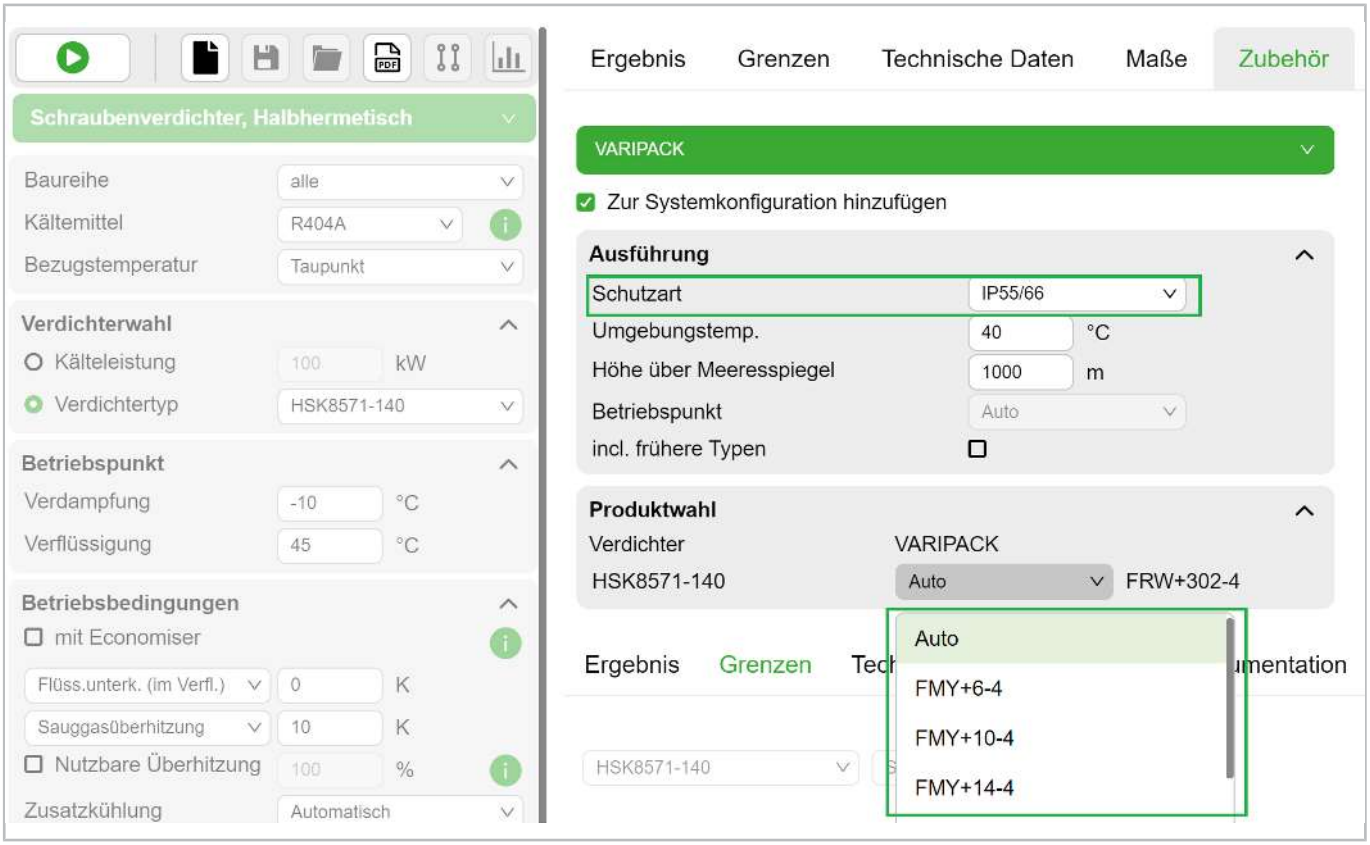


Abb. 10: Menü zur Wahl des VARIPACK Frequenzumrichters im Zubehörmodul der BITZER SOFTWARE.

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. Für Schraubenverdichter gilt: F_S = 1,2. Dieser Faktor wird 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.

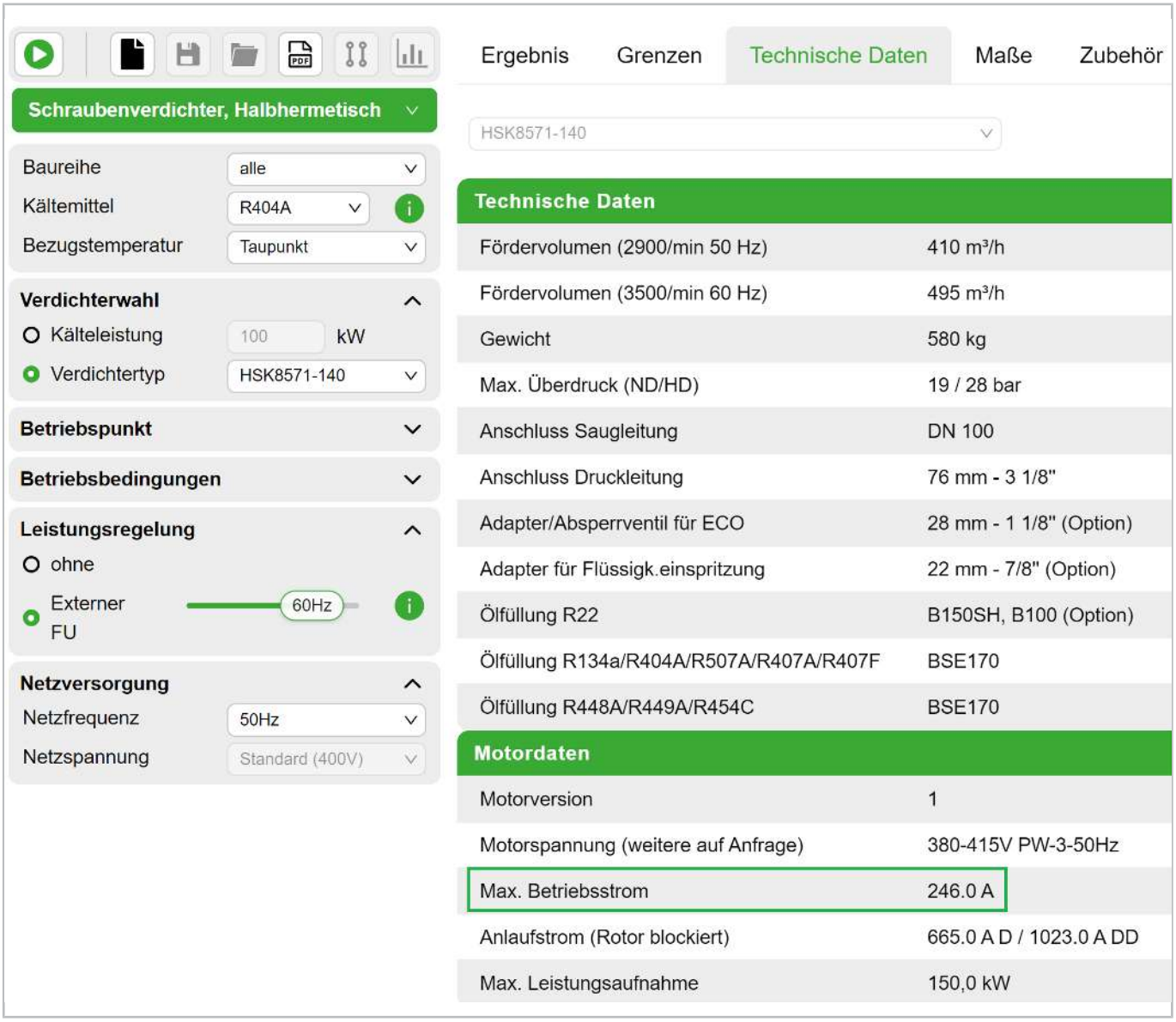


Abb. 11: Der "Max. Betriebsstrom" aus der BITZER SOFTWARE (hier: 246 A)
multipliziert mit einem verdichterspezifischen Faktor (für Schraubenverdichter: F_S = 1,2)
ergibt die nötige kurzfristige Überlastfähigkeit des Frequenzumrichters.
Bei BITZER VARIPACK Frequenzumrichtern ist dies bereits in der Auslegung berücksichtigt.

4.2 Verdichtermotoren

Der Frequenzumrichter (FU) 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, *siehe Abbildung 12, Seite 16*). 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).

Um einen sicheren Betrieb oberhalb der Netzfrequenz bei Normalkühlung zu gewährleisten, kann eine Verdichter-variante mit größerem Motor notwendig sein (z.B. HSK vs. HSN).

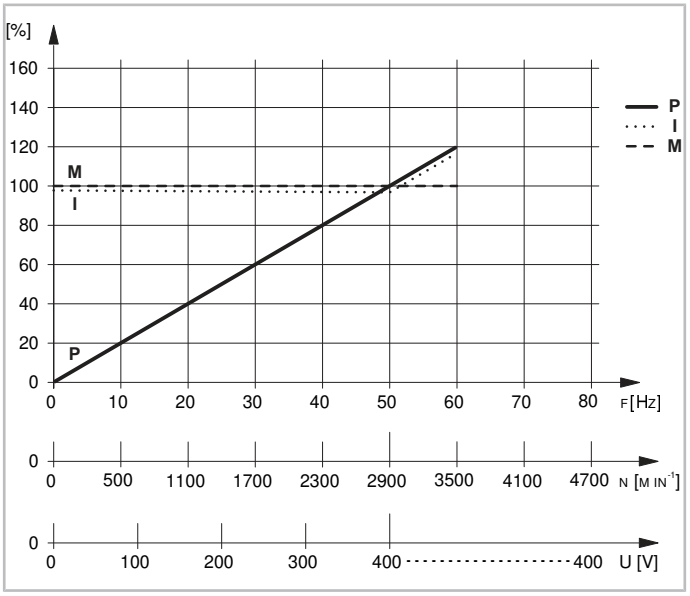


Abb. 12: Betriebscharakteristik eines Verdichtermotors bei Betrieb mit Frequenzumrichter (400 V/3/50 Hz) mit Reserve.
P: max. Leistungsaufnahme Verdichter
M: max. Drehmoment des Motors an Verdichterwelle
I: max. Stromaufnahme Verdichter
f: Frequenz (Frequenzumrichter-Ausgang)
U: Ausgangsspannung (Frequenzumrichter)

Standardmotoren

Für übliche Anwendungen schlägt BITZER den Einsatz der Standardmotoren vor. Sie sind besonders ökonomisch und können in weiten Bereichen betrieben werden:

BITZER Schraubenverdichter	Motor	Anschlussspannung
HS.53 .. 85 CS.65 .. 85	40P (Teilwicklungsmotor)	400 V bei 50 Hz 460 V bei 60 Hz
HS.95 CS.95 .. 105	40D (Stern-Dreieck-Motor)	400 V bei 50 Hz 460 V bei 60 Hz

Tab. 2: Standardmotoren bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter

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. 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):

- 25P: 230 V/3/50 Hz (+73% Verdichterstrom) bei vollem Motordrehmoment – maximal zulässige Drehzahl des Verdichters beachten! (Abb. unten, Kurve ③)

HINWEIS
Gefahr von Verdichterschaden und Motorausfall bei zu hoher Drehzahl!
Obere Drehzahlgrenze des Verdichters beachten! Siehe Einsatzgrenzen.

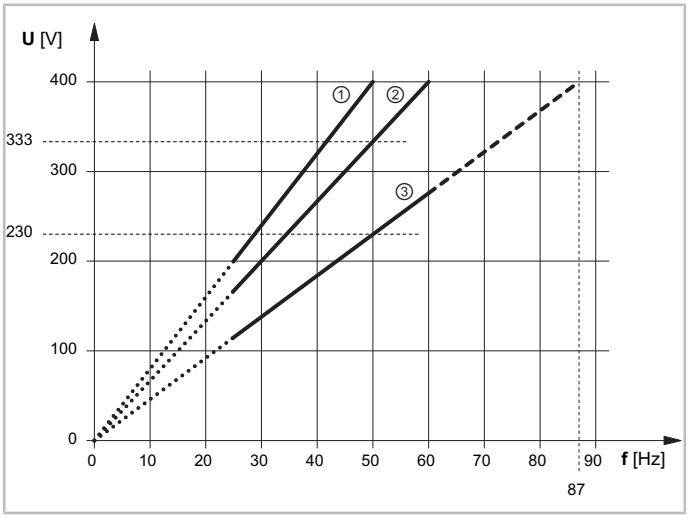


Abb. 13: Spannungsanstieg über der Frequenz bei verschiedenen Motoren am Beispiel von CS. Schraubenverdichtern.
①: 400 V/3/50 Hz
②: 400 V/3/60 Hz
③: 230 V/3/50 Hz

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. Standardmotoren für offene Verdichter sind evtl. nicht für Betrieb mit Frequenzumrichter geeignet – kritisch ist z.B. eine Wellenhöhe >225 mm.

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.

Phasenfolgerelais

Eine falsche Phasenfolge / Drehrichtung ist bei Schraubenverdichtern nicht zulässig und beschädigt sie, daher ist eine Drehrichtungsüberwachung nötig. Die meisten erhältlichen Geräte können die Ausgangsspannung eines Frequenzumrichters und damit das Drehfeld allerdings nicht erfassen. Bei Bedarf BITZER konsultieren.

4.4 Spulen für Leistungsregler

Bei der Konfiguration eines Verdichters vom Typ HS.64 .. 74 und OS.74 kann auf die Spulen für Leistungsregler (Standard-Lieferumfang) verzichtet werden: Die Steuerkolben funktionieren dann als Anlaufentlastung und sind für den Betrieb mit Frequenzumrichter geeignet.

Alle anderen Verdichter (d.h. alle mit Schieberregelung sowie HS.53) benötigen die Spulen auch bei Frequenzumrichter-Betrieb zur Anlaufentlastung und zum Anlauf (*Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen*).

5 Geeignete Schutzeinrichtungen

Für Schraubenverdichter mit Frequenzumrichter-Betrieb kommen prinzipiell folgende Schutzeinrichtungen infrage:

- Schutzgerät SE-E5, Details:
  - *CT-120*: Verdichterschutzgeräte für BITZER Verdichter
- Schutzgerät SE-i1, Details:
  - *CT-110*: Technische Information Schutz- und Überwachungsgerät SE-i1
- Verdichtermodul CM-SW-01, Details:
  - *ST-150*: Verdichtermodul CM-SW-01 für Schraubenverdichter

Welches Gerät für welchen Verdichter erhältlich ist, wird bei der Auslegung in der BITZER SOFTWARE angezeigt.

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, inkl. elektrischer Anschluss sowie die Steuer- und Regelfunktionen:
  - *CB-110* und *CB-111*: Betriebsanleitungen VARIPACK - externe BITZER Frequenzumrichter
- Für Prinzipschaltbilder verschiedener Verdichter mit Frequenzumrichtern:
  - *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 0,5 .. 1 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!

Bei Arbeiten am Frequenzumrichter (FU):

GEFAHR
Lebensgefährliche Spannungen im Frequenzumrichtergehäuse!
Berühren kann zu schweren Verletzungen oder Tod führen.
FU-Gehäuse niemals im Betrieb öffnen! Hauptschalter ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
Mindestens 10 Minuten warten bis alle Kondensatoren entladen sind!
Vor Wiedereinschalten FU-Gehäuse schließen.

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

HS.85 .. 95 / CS.85 .. 95

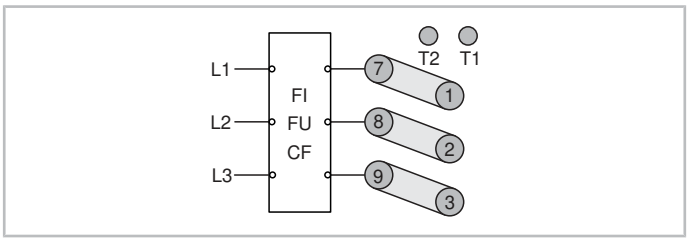


Abb. 14: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Schraubenverdichter
HS.85 / CS.85: Teilwicklungsmotor im Direktanlauf
HS.95 / CS.95: Stern-Dreieck-Motor in Dreieckschaltung

HS.64 .. 74 / CS.75

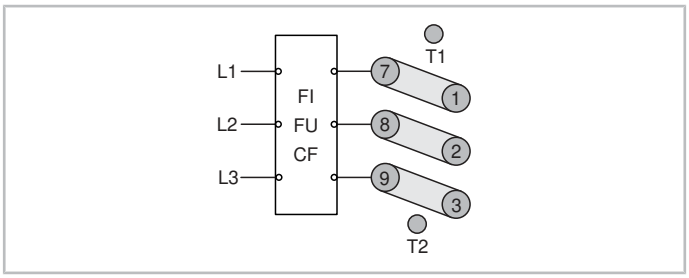


Abb. 15: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Schraubenverdichter HS.64 .. 74 und CS.75, Teilwicklungsmotor im Direktanlauf

HS.53 / CS.65

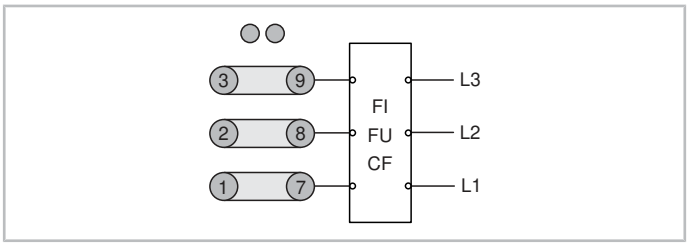


Abb. 16: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Schraubenverdichter HS.53 und CS.65, Teilwicklungsmotor im Direktanlauf

BITZER Schraubenverdichter vom Typ OS. 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!

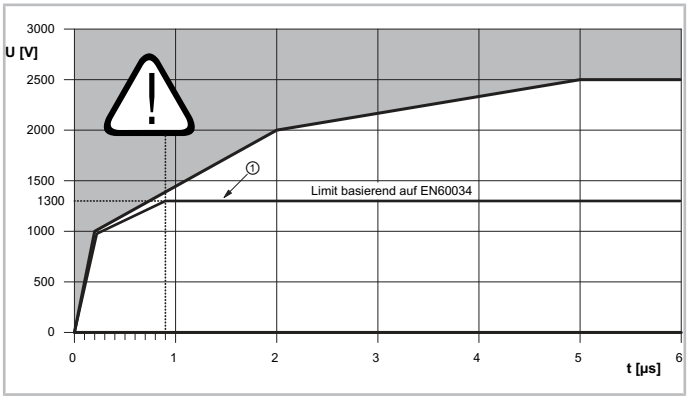


Abb. 17: Grenzen des Spannungsanstiegs an den Motorklemmen. Weiß hinterlegt: zulässiger Bereich.

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.

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

GEFAHR
Lebensgefährliche Spannungen im Frequenzumrichtergehäuse!
Berühren kann zu schweren Verletzungen oder Tod führen.
FU-Gehäuse niemals im Betrieb öffnen! Hauptschalter ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
Mindestens 10 Minuten warten bis alle Kondensatoren entladen sind!
Vor Wiedereinschalten FU-Gehäuse schließen.

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 Verdichterausfall!
Verdichter nur in der vorgeschriebenen Drehrichtung betreiben!

Im Folgenden sind einige Beispiele für Anlauf- und Stopsequenzen skizziert. Damit wird u.a. ein sanfter Anlauf ermöglicht und trotzdem schnell genug eine ausreichende Ölversorgung des Verdichters erreicht.

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

Abgesehen von den unten dargestellten Ausnahmen gilt:

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.

Wird der Verdichter mit dem Modul CM-SW-01 und Frequenzumrichter-Modus betrieben, regelt das Modul die mechanische Leistungsregelung und das Ölmagnetventil.

Verdichter CS.65 .. 95

Anlaufsequenz:

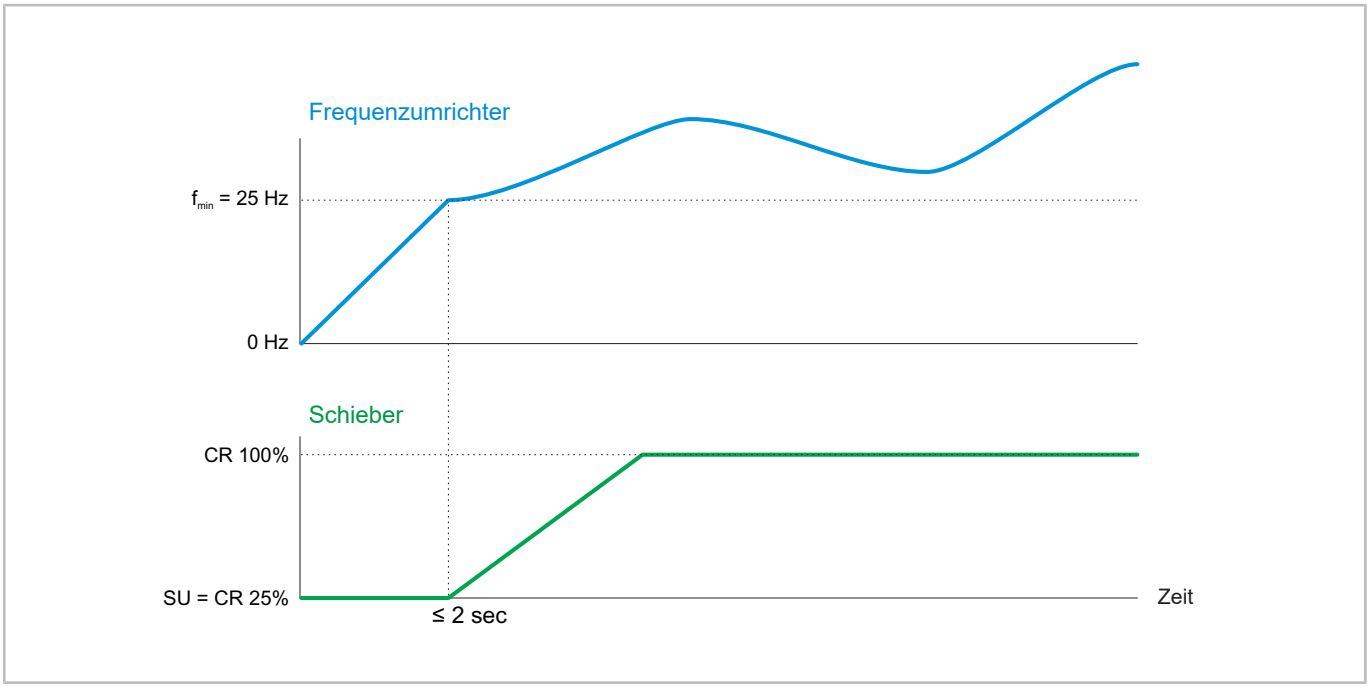
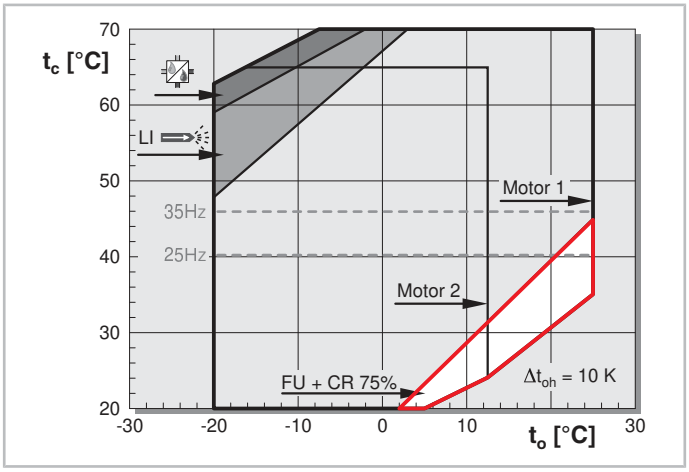


Abb. 18: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter CS.65 .. 95 mit Frequenzumrichter (FU). CR-Schieber entlastet anfahren, FU in max. 2 sec auf Minimaldrehzahl von 25 Hz bringen, dann CR-Magnetventile zuschalten bis 100% (siehe Betriebsanleitung *SB-170*, zum Anlauf/Stop ist jeweils nur Ventil CR3 unter Spannung, CR4 kann bei FU-Betrieb dauerhaft statt taktend unter Spannung sein). Anschließend sollte der Verdichter in max. 2 min innerhalb der Einsatzgrenzen sein.

Für spezielle Betriebsbedingungen bei hohen Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen kann der Frequenzumrichter mit CR 75% kombiniert werden. Im folgenden Einsatzgrenz-Diagramm ist dies der weiße Bereich rechts unten (Einsatzgrenzen siehe auch *siehe Abbildung 6, Seite 10*):



Stopsequenz:

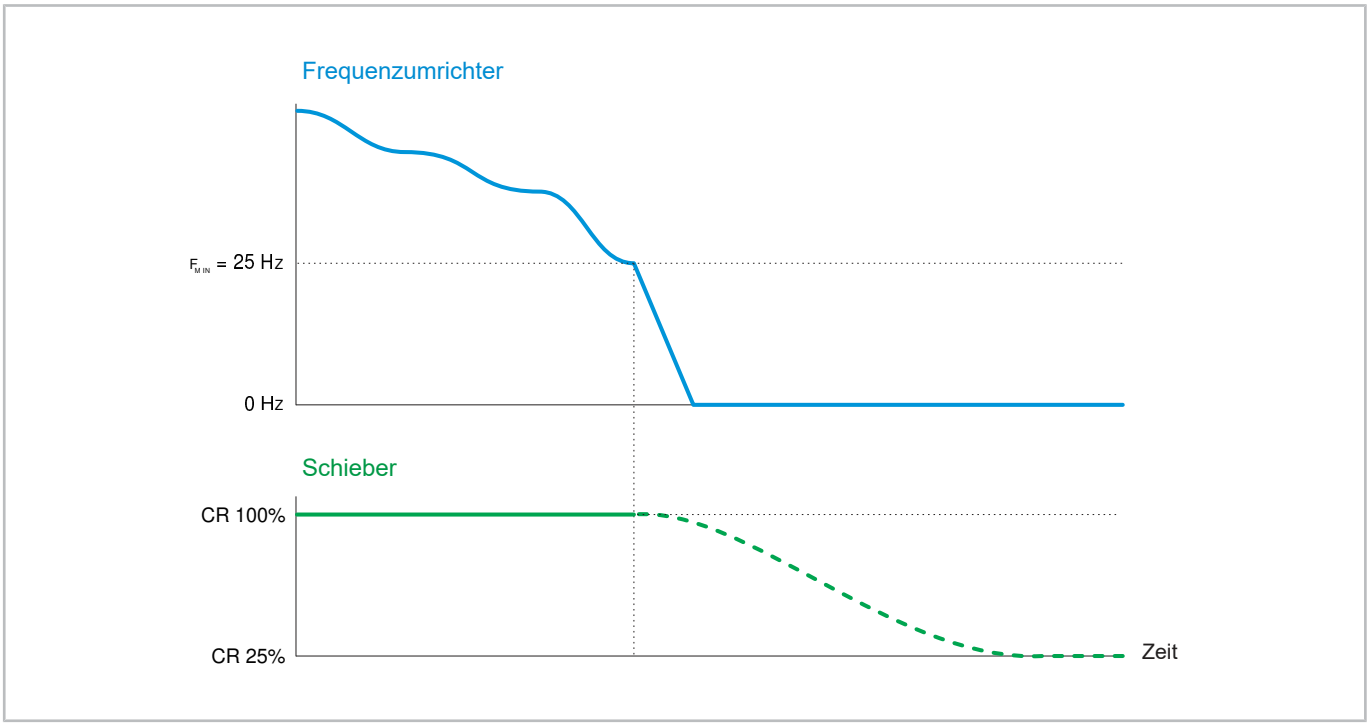


Abb. 19: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter CS.65 .. 95 mit Frequenzumrichter (FU). Nach Ausschalten des FU fährt der CR-Schieber innerhalb von ca. 5 min passiv auf 25% zurück, Ventil CR3 bleibt unter Spannung (siehe Betriebsanleitung *SB-170*).

Verdichter CS.105 und HS.95 mit Modul CM-SW-01

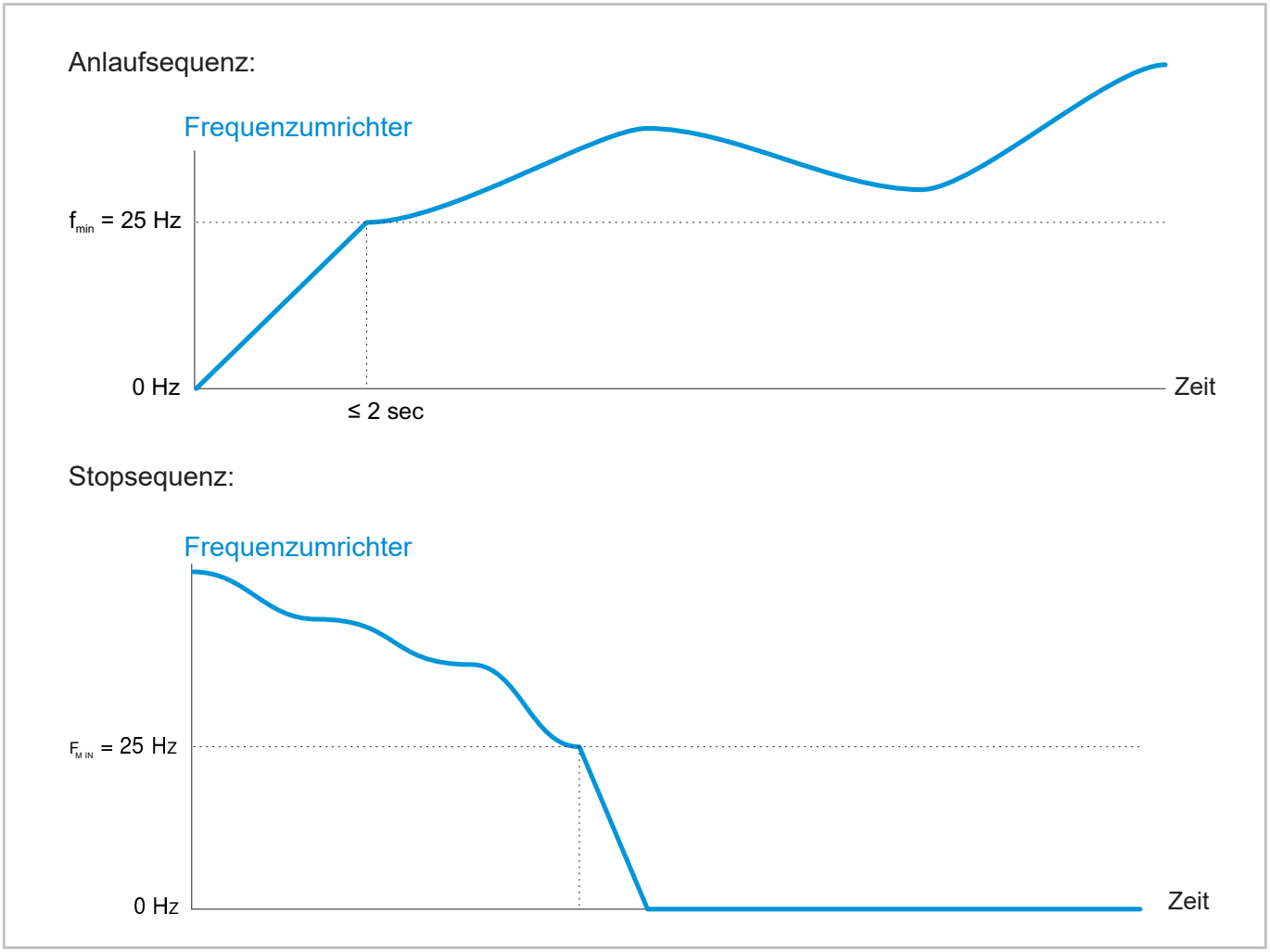


Abb. 20: Empfohlene Anlauf- und Stopsequenz für Verdichter CS.105 und HS.95 mit Frequenzumrichter (FU) und Verdichtermodul CM-SW-01 im "Frequenzumrichter"-Modus. Das Modul übernimmt das Ölmanagement und steuert auch die CR-Magnetventile zur Leistungsregelung an (siehe Betriebsanleitungen *SB-170* für CS.105 und *SB-110* für HS.95).

Die Kombination aus mechanischer Leistungsregelung und Drehzahlregelung ist bei CS. und HS. Verdichtern mit CM-SW-01 nicht freigegeben. Nach dem Verdichteranlauf bewegen sich die Schieber automatisch auf die Volllast-Position, nach dem Verdichterstop werden sie nicht aktiv entlastet. Dies ermöglicht einen schnelleren neuen Anlauf, weil die Leistungsregelung mit Frequenzumrichter direkt beginnen kann – ohne erhöhtes Risiko, dass der Verdichter seine Einsatzgrenzen nicht rechtzeitig erreicht.

Verdichter HS.53 .. 74 und OS.53 .. 74

Anlaufsequenz:

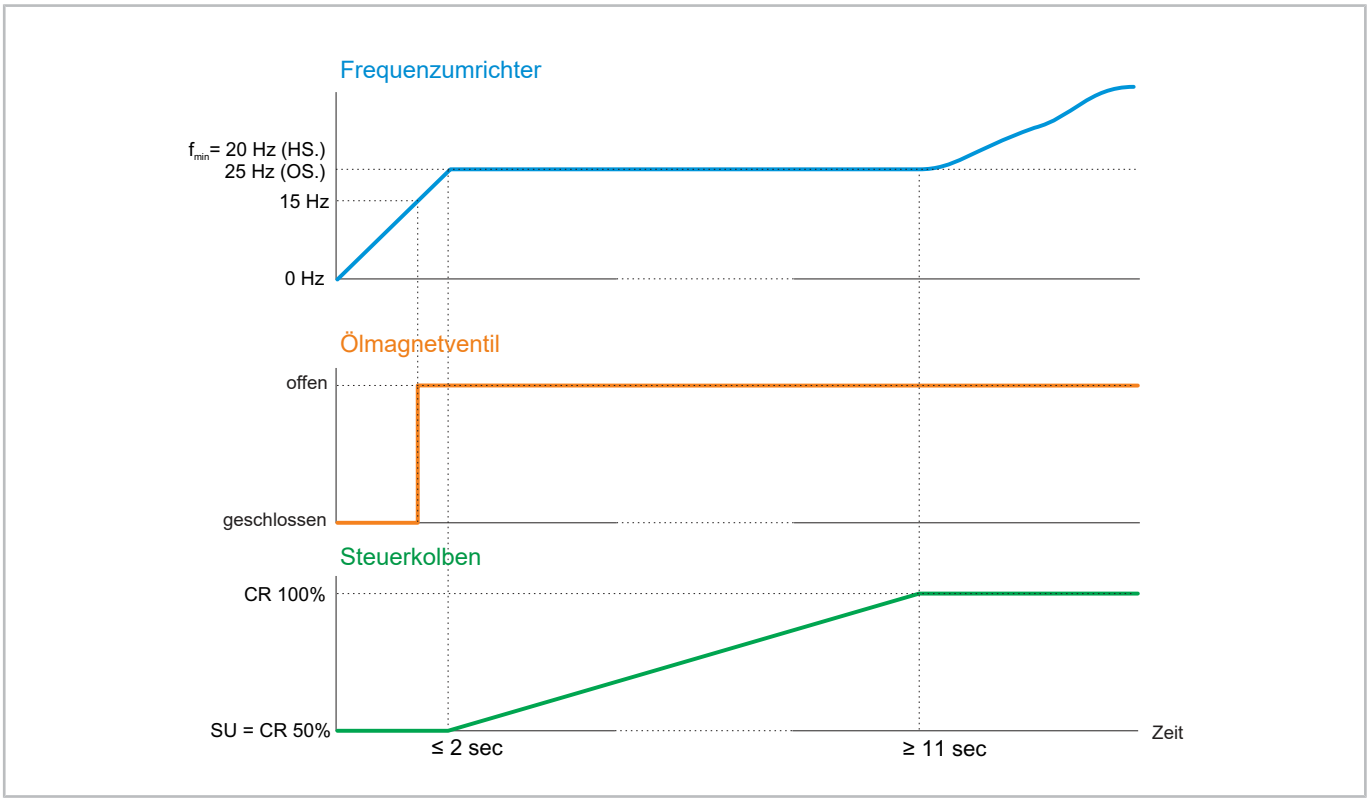


Abb. 21: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 mit Frequenzumrichter (FU). Steuerkolben entlastet anfahren, Ölmagnetventil öffnen, sobald der FU 15 Hz erreicht. Bei Erreichen der Mindestdrehzahl (20 Hz für HS., 25 Hz für OS.) Steuerkolben zuschalten auf 100% (siehe Betriebsanleitung *SB-100* für HS. bzw. *SB-500* für OS.).

Stopsequenz:

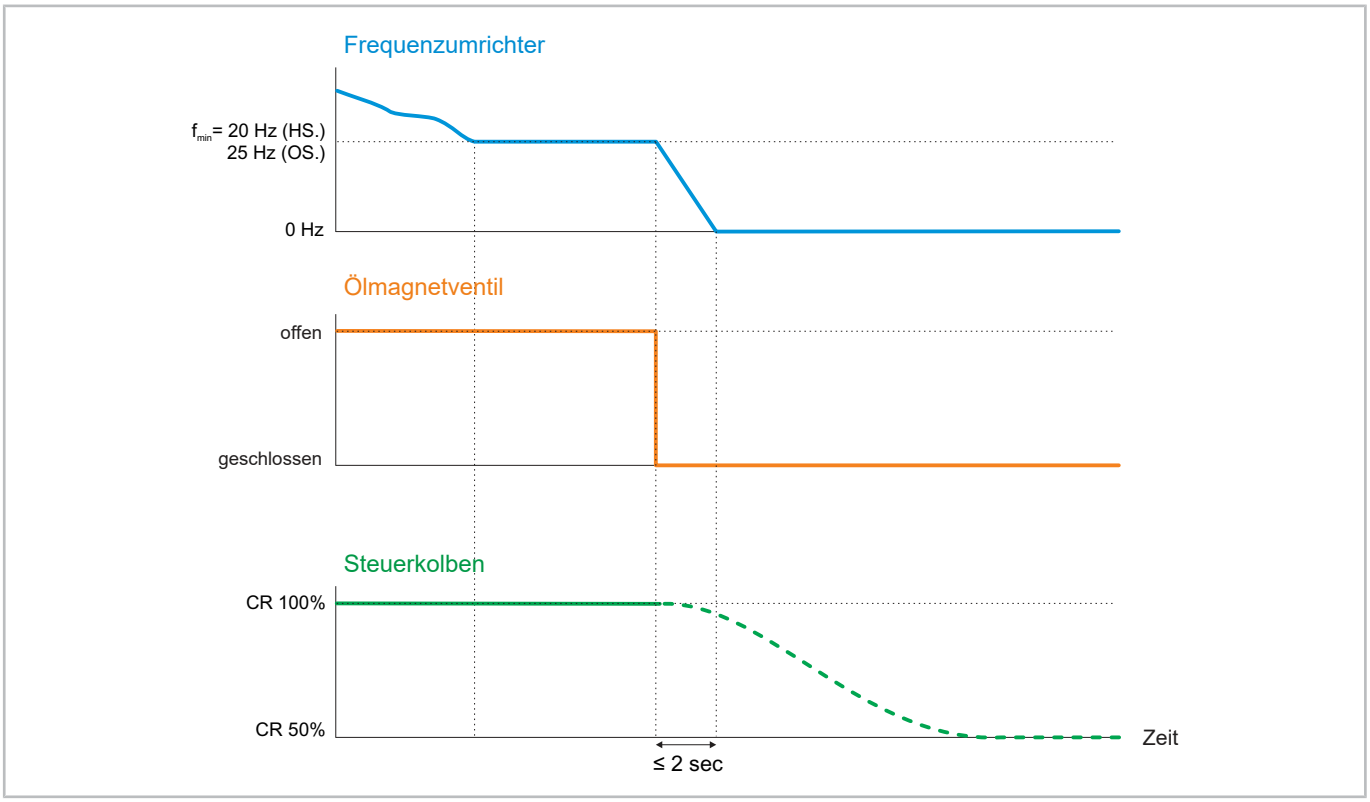


Abb. 22: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 mit Frequenzumrichter (FU). Nach Ausschalten des FU fahren die Steuerkolben passiv auf 50% zurück.

Verdichter HS.85 und OS.85 (ohne Modul CM-SW-01)

Anlaufsequenz:

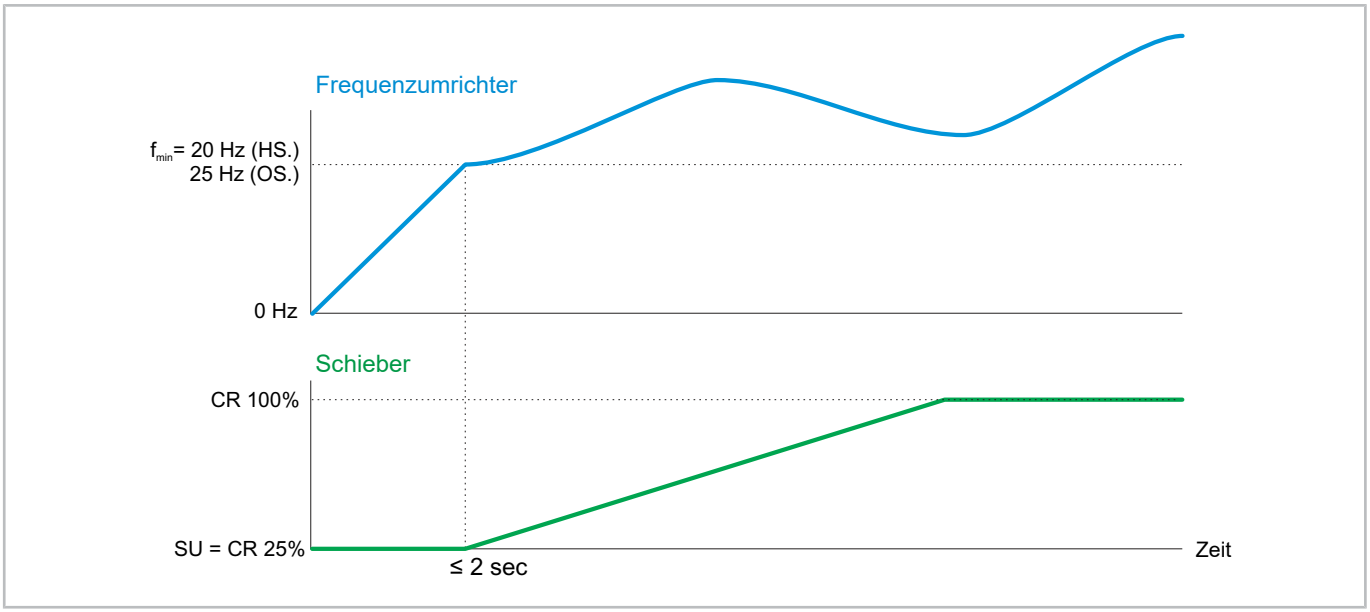


Abb. 23: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter HS.85 und OS.85 mit Frequenzumrichter (FU). CR-Schieber entlastet anfahren. Bei Erreichen der Mindestdrehzahl (20 Hz für HS., 25 Hz für OS.) die Magnetventile zuschalten auf 100%, wie in Betriebsanleitung *SB-110* bzw. *SB-520* beschrieben (CR4 bzw. Y4 taktend). Da die Verdichter mit einem integrierten Ölmanagementsystem ausgerüstet sind, muss hier keine Steuerfunktion für ein Ölmagnetventil berücksichtigt werden.

Stopsequenz:

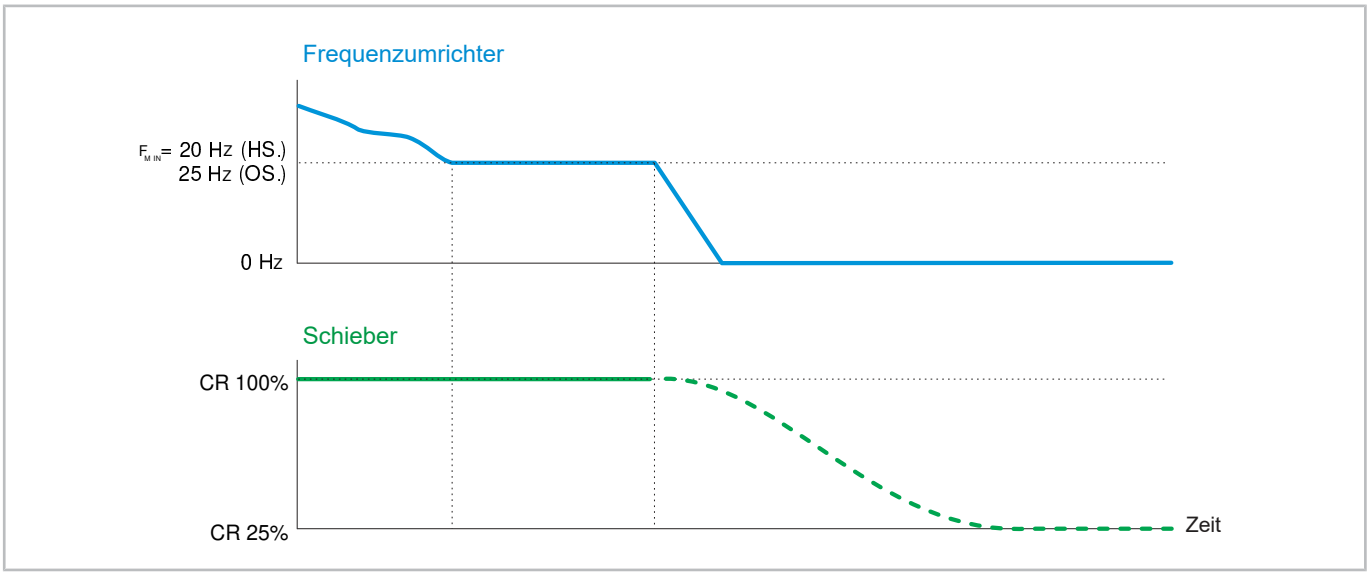


Abb. 24: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter HS.85 und OS.85 mit Frequenzumrichter (FU). Nach Ausschalten des FU fährt der CR-Schieber passiv auf 25% zurück.

Verdichter OS.A85 .. 105 mit Modul CM-SW-01

Im Gegensatz zu CS. und HS. Verdichtern ist der Motor bei OS. Verdichtern oft anwendungsspezifisch und wird z.B. für Tiefkühl-Anwendungen auf geringere Leistung ausgelegt. Er hat daher unter Umständen nicht genügend Reserve, um die "Pull-Down-Bedingungen" während der Abkühlphase zu meistern. Daher kann es nötig sein, die Leistung des Verdichters bis zum Erreichen der nominellen Betriebsbedingungen über den Schieber zu verringern, um den Motor nicht zu überlasten. Da bei OS. Verdichtern die Motorkühlung nicht vom Kältemittelmassenstrom abhängt, kann die Schieber-Leistungsregelung für den Anlauf der Anlage mit der Drehzahlregelung kombiniert werden – die minimale Schieber-Leistungsregelungsstufe ist dabei jedoch auf 50% limitiert.

Anlaufsequenz:

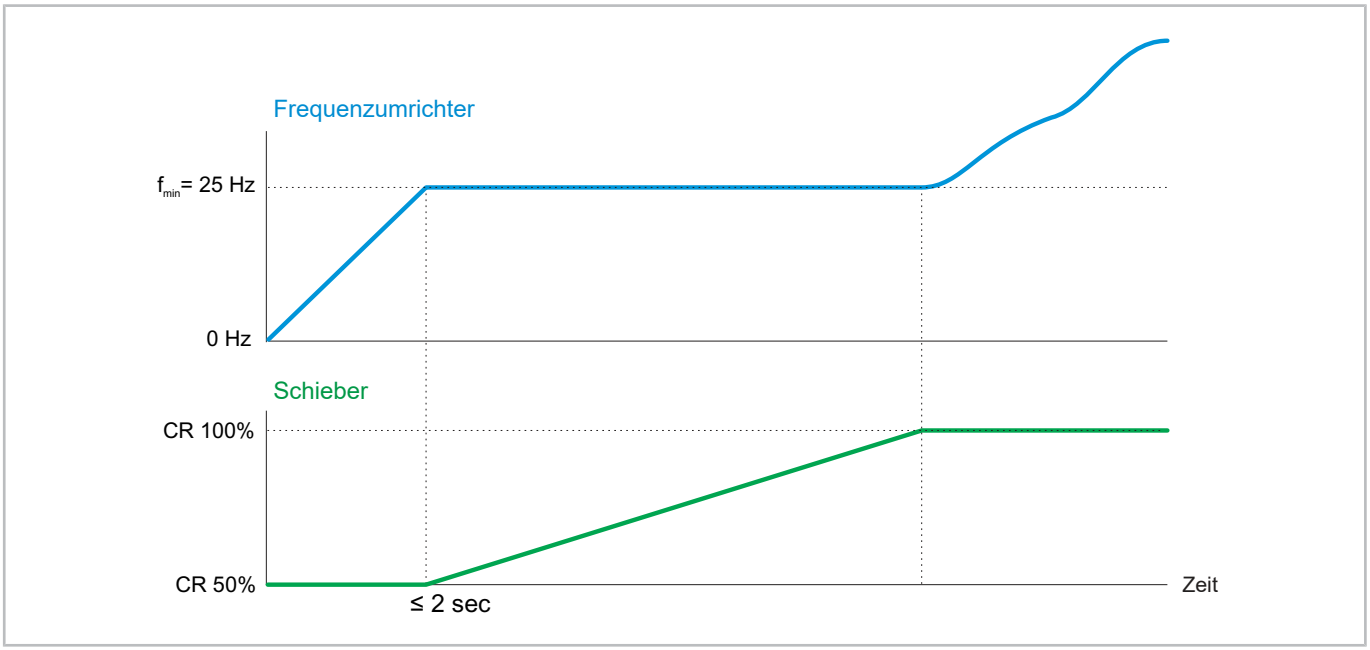


Abb. 25: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter OS.A85 .. 105 mit Frequenzumrichter (FU) und Verdichtermodul CM-SW-01. Das Modul übernimmt das Ölmanagement und steuert auch die CR-Magnetventile zur Leistungsregelung an (siehe Betriebsanleitung *SB-520*). Im "Fre-

quenzumrichter"-Modus ist das Modul so voreingestellt, dass es zur Anlaufentlastung den Schieber nicht auf 25%, sondern mind. auf 50% stellt (50 .. 100% sind wählbar).

Stopsequenz:

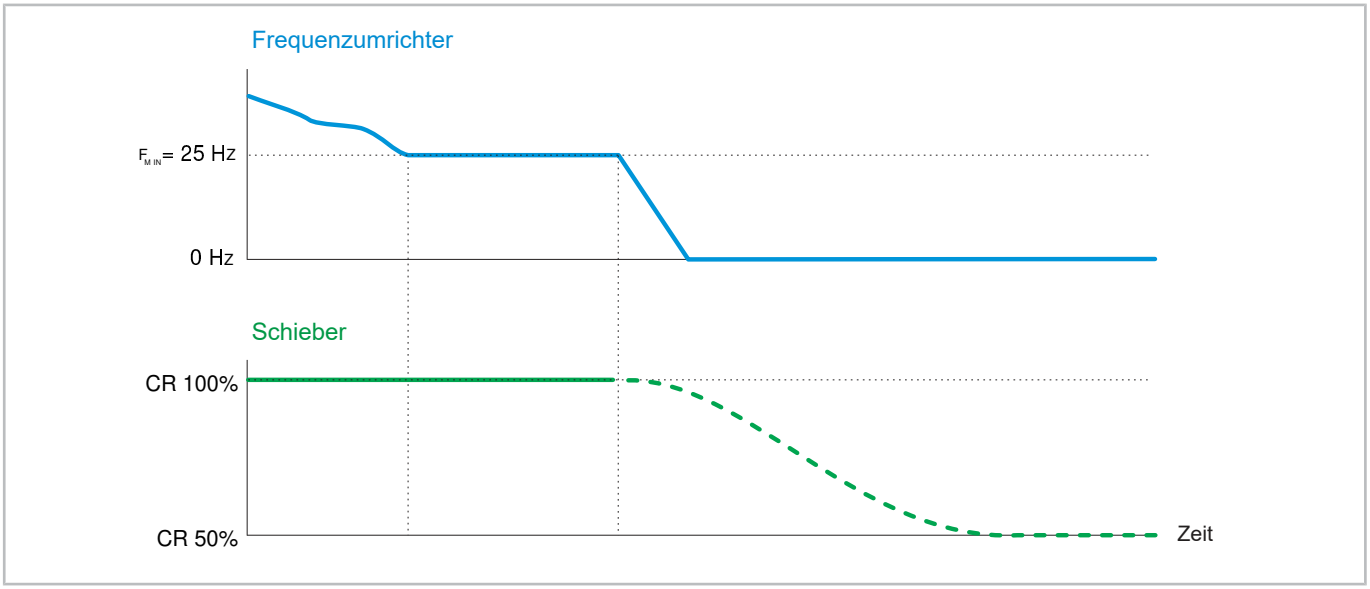


Abb. 26: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter OS.A85 ..105 mit Frequenzumrichter (FU) und Verdichtermodul CM-SW-01. Das Modul übernimmt das Ölmanagement und steuert auch die CR-Magnetventile zur Leistungsregelung an (siehe Betriebsanleitung *SB-520*). Im "Frequenzumrichter"-Modus ist das Modul so voreingestellt, dass es zur Anlaufentlastung den Schieber nicht auf 25%, sondern mind. auf 50% stellt (50 .. 100% sind wählbar).

Anlauf- und Stopsequenzen bei Economiser-Betrieb

Die oben gezeigten Sequenzen gelten prinzipiell auch bei Economiser-Betrieb, allerdings müssen hier die veränderten Einsatzgrenzen eingehalten werden (siehe BITZER SOFTWARE). Der Economiser kann gestartet werden, sobald stabile Betriebsbedingungen vorliegen, und er wird gleichzeitig mit dem Frequenzumrichter abgeschaltet.

OS.A95 und OS.A105: Pulsationsdämpfer bei Economiserbetrieb

Für OS.A95 und OS.A105 Verdichter im ECO-Betrieb ist ein Pulsationsdämpfer in der ECO-Leitung empfohlen bzw. notwendig. Zwei Optionen stehen zur Verfügung:

- Ein Dämpfersystem, bestehend aus Dämpfer, Rückschlagventil, Steuerventil (für OS.A95 ein Exemplar, für OS.A105 zwei Exemplare nötig)

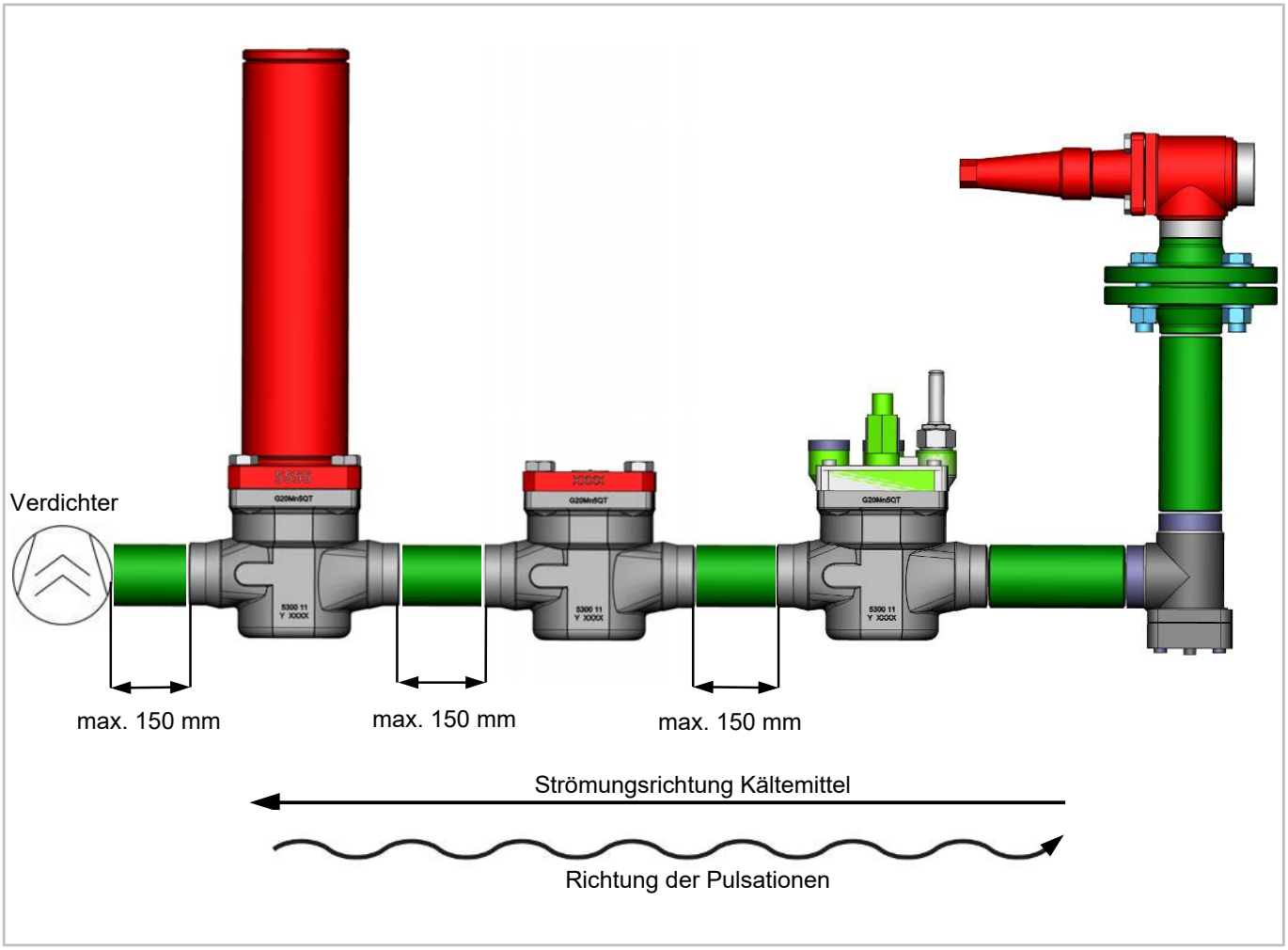


Abb. 27: Dämpfersystem mit Dämpfer, Rückschlagventil und Steuerventil

- Ein einfacher Pulsationsdämpfer der Bezeichnung SD42 (Teilenr. EPARTS: 354 004 05)

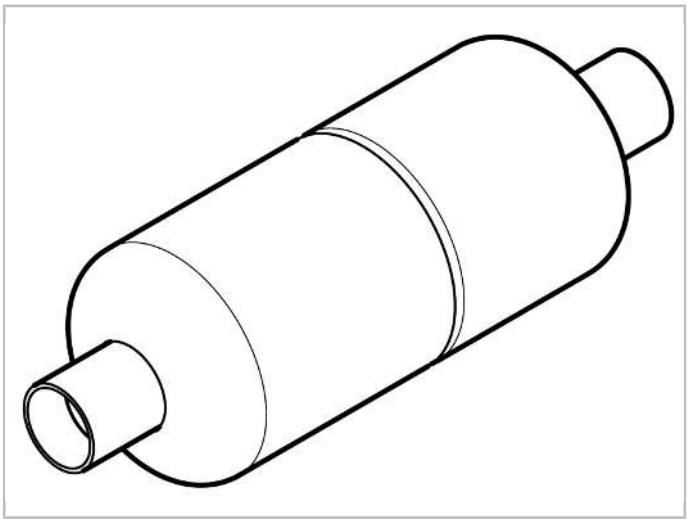


Abb. 28: Einfacher Pulsationsdämpfer SD42 im ECO-Anschluss, Teilenr. 354 004 05

Für den Betrieb bei Verflüssigungstemperaturen > 40°C und/oder Verdampfungstemperaturen > 10°C muss das Dämpfersystem verwendet werden, im übrigen Bereich empfiehlt BITZER der Pulsationsdämpfer SD42. Für Details siehe folgende Abbildung und Tabelle.

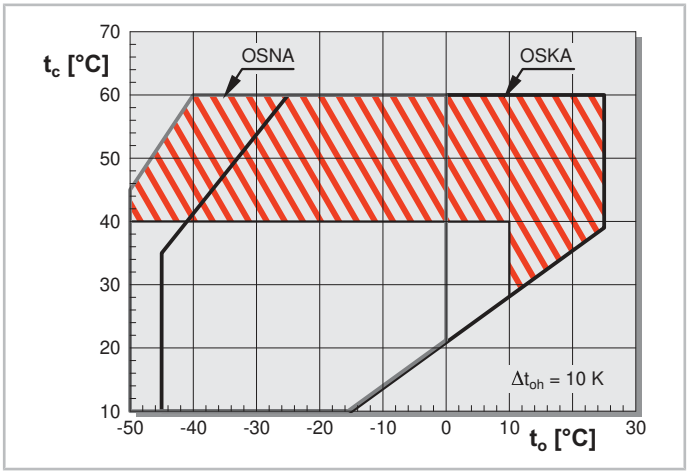


Abb. 29: Einsatzgrenze OS.A95 und OS.A105 Schraubenverdichter bei ECO-Betrieb. Im schraffierten Bereich ist das ECO Dämpfersystem vorgeschrieben.

Geplanter Betriebsbereich	Pulsationsdämpfer	Möglicher Umfang der Leistungsregelung
Betrieb im schraffierten Bereich der Einsatzgrenze (t_c > 40°C und/oder t_o > 10°C)	Economiser Dämpfersystem ist vorgeschrieben	• Schieber 80% .. 100% und Festfrequenz 50/60 Hz • oder Schieber 100% und variable Frequenz 25 .. 67 Hz
Betrieb außerhalb des schraffierten Bereichs der Einsatzgrenze (t_c < 40°C und t_o < 10°C)	Optional: Economiser Dämpfersystem	• Schieber 80% .. 100% und Festfrequenz 50/60 Hz • oder Schieber 100% und variable Frequenz 25 .. 67 Hz
	Optional: einfacher Pulsationsdämpfer SD42 im ECO-Anschluss	• Schieber 80% .. 100% und Festfrequenz 50/60 Hz

Tab. 3: OS.A95 und OS.A105 Verdichter mit ECO-Betrieb: empfohlene Pulsationsdämpfer und Kombination mit Leistungsregelung

Siehe auch:

- *ST-430*: Mechanische Leistungsregelung bei BITZER Schraubenverdichtern
- *ST-610*: Economiser-Betrieb bei Schraubenverdichtern

Anlauf und Stop bei Verbundbetrieb

- Wenn **ein** Verdichter mit Frequenzumrichter betrieben wird: Anlauf wie oben, dann den Verdichter ohne Frequenzumrichter normal zuschalten, sobald Bedarf besteht. Beim Stop erst den Verdichter ohne Frequenzumrichter abschalten, dann den Verdichter mit Frequenzumrichter wie oben beschrieben.
- Verbund mit Frequenzumrichter an **jedem** Verdichter: Anlauf- und Stopsequenzen wie oben beschrieben. Die Verdichter laufen nacheinander an, je nach Regelung der gesamten Anlage.

7.3 Schalthäufigkeit und Mindestlaufzeiten

Im Gegensatz zum Direktanlauf führt der Anlauf mit Frequenzumrichter nicht zu erhöhter thermischer Belastung des Motors. Dies erlaubt eine höhere Anzahl an Verdichteranläufen: Unabhängig von Verdichter bzw. Motor sind **bis zu 12 Anläufe pro h** möglich. (Bei anderen Anlaufmethoden sind max. 4 .. 8 Anläufe pro h möglich, siehe Betriebsanleitungen).

Die Mindestlaufzeit der Verdichter sollte **5 min** betragen, dies ist unabhängig von der Anlaufmethode. Einzelne kürzere Betriebszyklen sind möglich, aber ein Betrieb mit wiederholten kürzeren Betriebszyklen ist zu vermeiden, um einen Ölmangel des Verdichters zu vermeiden.

Beim Betrieb mit Frequenzumrichter muss der Leistungsregelungsschieber vor dem Anlauf nicht vollständig entlastet sein, daher kann auch die minimale Pausenzeit deutlich kürzer ausfallen. Es muss aber mindestens gewährleistet sein, dass der Verdichter vollständig zum Stillstand gekommen ist und nicht mehr rückwärts dreht.

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 35

2 Safety 37

3 Operation with frequency inverter 38

3.1 Refrigerating capacity and system efficiency 38

3.2 Application range 39

4 Selection 42

4.1 Selection with the BITZER SOFTWARE 42

4.2 Compressor motors 46

4.3 To be observed for open drive compressors 48

4.4 Coils for capacity regulator 49

5 Suitable protection devices 49

6 Electrical installation of compressor and frequency inverter 49

6.1 Arrangement of the wiring 50

6.2 Motor terminals at the terminal plate 51

6.3 Voltage pulses at the motor terminals 51

6.4 Safety chain 52

6.5 Power factor correction 52

6.6 Residual current circuit breakers 52

7 Commissioning 53

7.1 Configuration of the frequency inverter 53

7.2 Recommended start and stop sequences 54

7.3 Cycling rate and minimum running times 63

7.4 Electronic expansion valves and frequency inverters 64

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

All BITZER screw 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%.

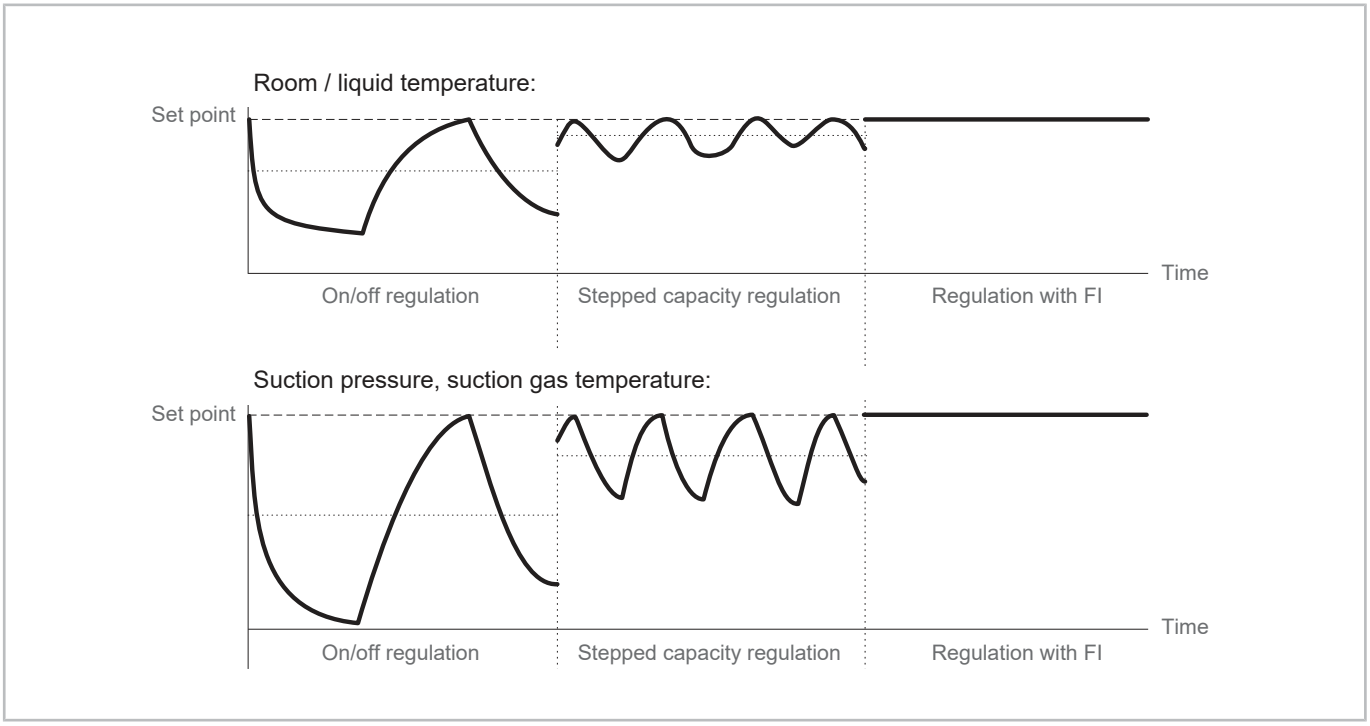


Fig. 1: Capacity control with frequency inverter (FI) compared to on/off and stepped mechanical regulation

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

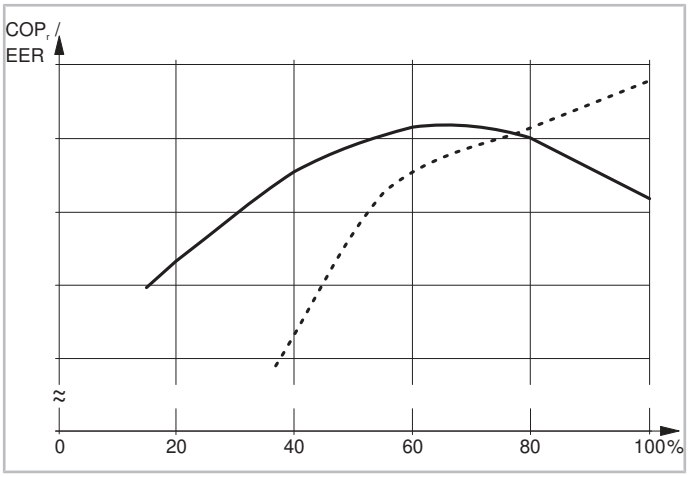


Fig. 2: Comparison of the capacity control efficiency characteristics of screw compressors with slider control vs. frequency inverter (FI): coefficient of performance COP_r/EER (ratio of refrigerating capacity to power absorbed) as a function of the load.
Dotted line: CSW with slider control, compressor series is optimized for full load COP_r/EER.
Solid line: CSVW with FI capacity control, compressor series is optimized for part load COP_r/EER (control range: 6.2:1).
Operating conditions: R134a, t_O: 5°C / t_C: 38°C / Δt_{oh}: 5 K.
With slider control, optimum COP_r/EER is always at 100%, whereas 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

- *SB-100*: Operating instructions Semi-hermetic screw compressors HS.53 .. 74
- *SB-110*: Operating instructions Semi-hermetic screw compressors HS.85 .. 95
- *SB-170*: Operating instructions Semi-hermetic compact screw compressors CS.65 .. 105
- *SB-300*: Operating instructions Hermetic compact screw compressors VSK
- *SB-500*: Operating instructions Open drive screw compressors OS.53 .. 74
- *SB-520*: Operating instructions Open drive screw compressors OS.85, OS.95, OS.105
- *CB-110* and *CB-111*: Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters

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 screw compressor can be mechanically adapted to the cooling demand of the system e.g. by sliders or control pistons – in compound systems also (additionally) 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 2-pole asynchronous motors:

- 2900 min^{-1} at 50 Hz and
- 3500 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), refrigerating capacity can be steplessly adapted via speed control. Permitted speeds / frequencies for BITZER compressors are given below (*Application range*).

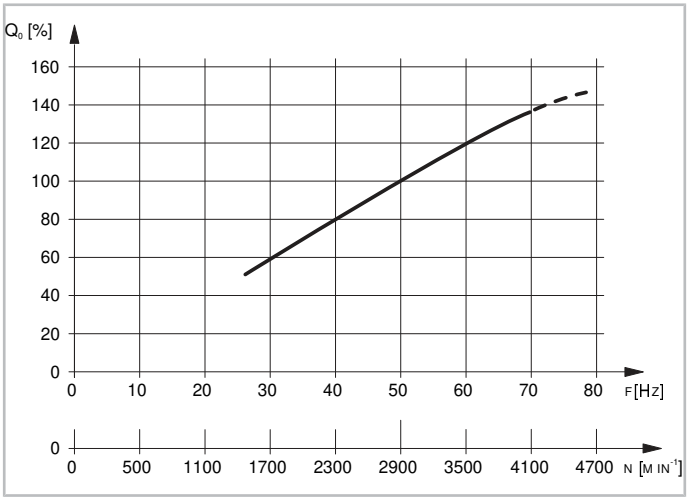


Fig. 4: Typical graph of the refrigerating capacity Q_0 depending on the screw compressor speed and frequency

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)
- minimum refrigerant mass flow for motor cooling etc.
- sufficient oil supply for sealing in profile area
- 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})	Remarks
HS.53 .. HS.85	20 .. 75	1200 .. 4400	
HSNP74, HSNP85	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9573 .. HS.9583	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9593 .. HS.95103	20 .. 60	1200 .. 3500	
CS.65 .. CS.105	25 .. 60	1450 .. 3500	On request larger ranges may be possible in certain cases. Version with integrated FI: CSV.
OS.53	25 .. 75	1450 .. 4500	
OS.74 .. 85	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.95	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.105	26 .. 67	1500 .. 4000	
VSK31	20 .. 87	1200 .. 5100	with 230 V-3-50 Hz motor
VSK41	20 .. 70	1200 .. 4100	with 230 V-3-50 Hz motor

Tab. 1: Permitted speed and frequency ranges of BITZER screw compressors (also observe the application limits and the maximum current consumption of the motor)

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 for operation with frequency inverter

The following figure shows exemplarily the application limits of HS. compressors 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.

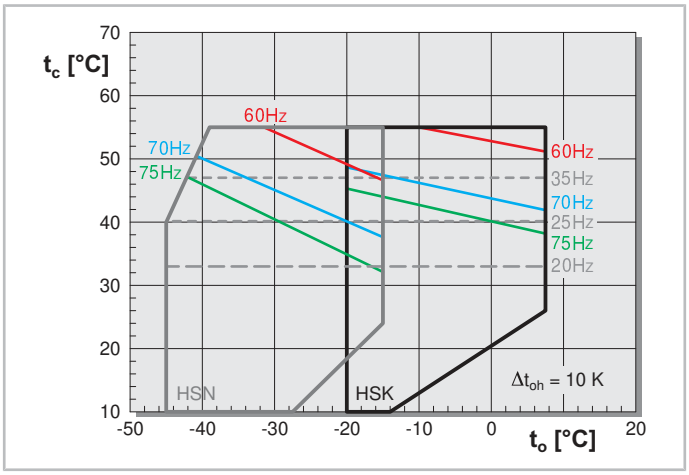


Fig. 5: Example for application limits for screw compressors HS.64 with frequency inverter and refrigerant R404A. The compressor may only be operated **below** the indicated frequency lines.

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

Dotted grey lines (20 .. 35 Hz): Limits depending on motor temperature.

Solid coloured lines (60 .. 75 Hz): Limits due to motor temperature or maximum current.

Similarly, the following figure shows exemplarily the application limits of CSH compressors. Specific application limits, motors and refrigerants are given in the BITZER SOFTWARE. For CS. compressors, BITZER has developed the special series CSV. with integrated frequency inverter, where compressor and FI complement each other optimally:

- *SB-160*: Operating instructions Semi-hermetic compact screw compressors with integrated frequency inverter CSV.

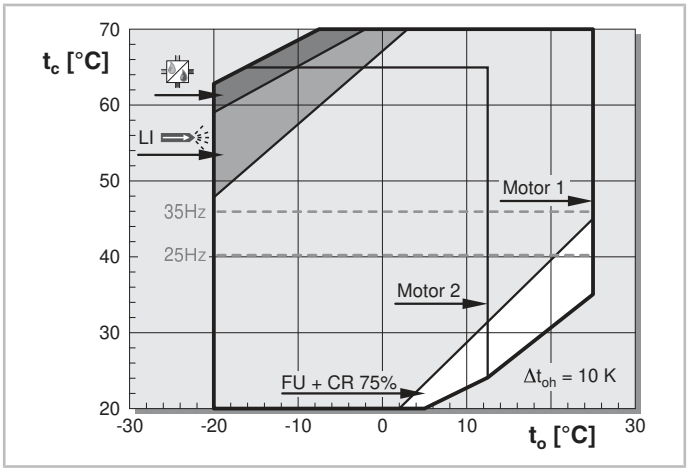


Fig. 6: Example for application limits for screw compressors CSH with frequency inverter (FU) and refrigerant R134a. The compressor may only be operated **below** the indicated frequency lines.
t_o: evaporation temperature, t_c: condensing temperature, Δt_{oh}: suction gas superheat
Dark grey area top left: oil cooling required.
Light grey area top left: additional cooling required.
Dotted grey lines (25 .. 35 Hz): limits depending on motor temperature.
Operation at 60 Hz according to individual design.
White area bottom right: CR max. 75%.

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 Technical Information *AT-340* and in the BITZER SOFTWARE, tab "Technical data".

4 Selection

4.1 Selection with the BITZER SOFTWARE

Information
At present, the BITZER SOFTWARE offers calculations with frequency inverter only for HS. 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 (*Compressor motors*). If one of the compressors is chosen, the software indicates frequency, cooling capacity and current consumption (voltage):

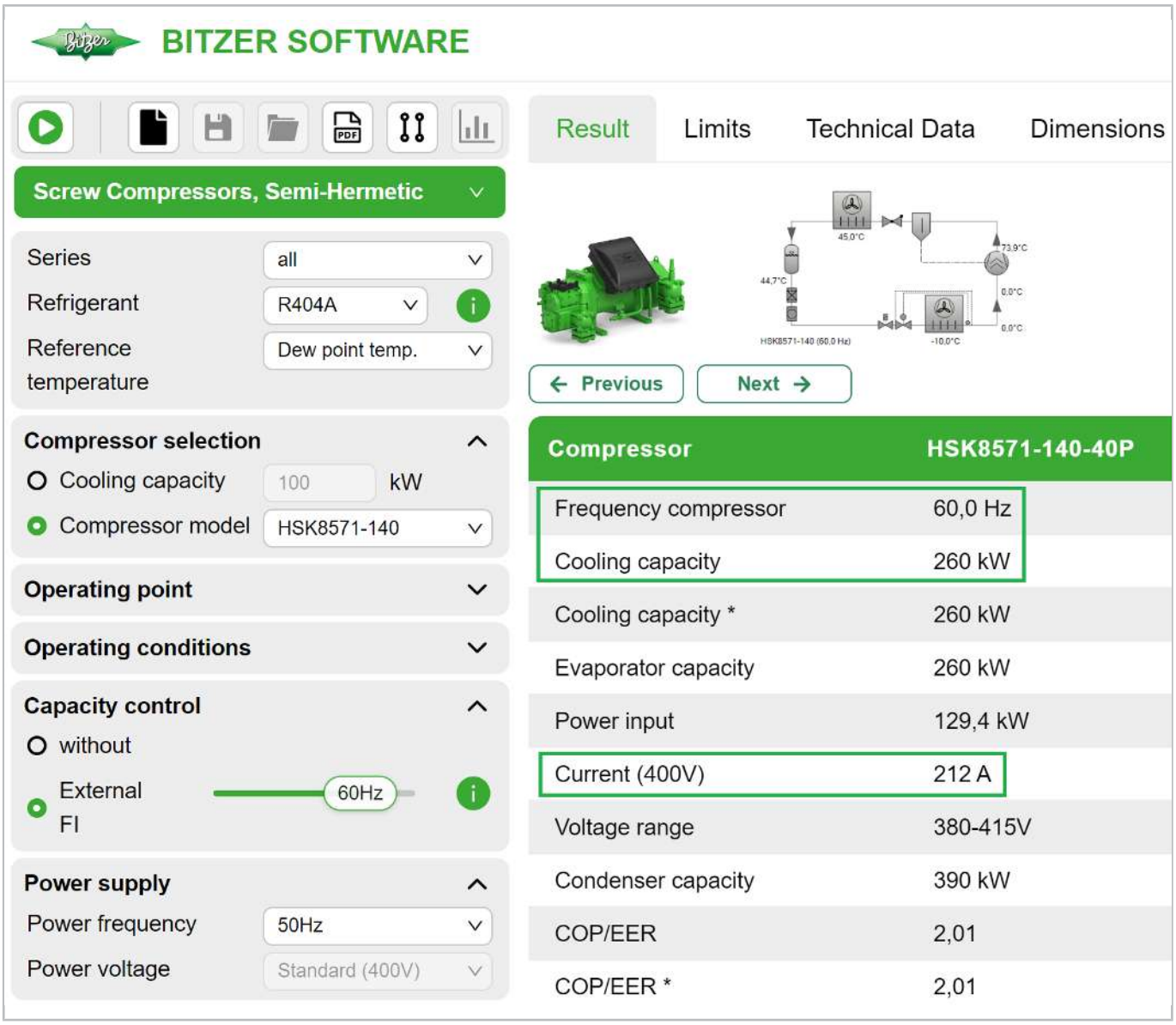


Fig. 7: The BITZER SOFTWARE indicates frequency, cooling capacity and current consumption (voltage) for the chosen compressor.

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 drop-down-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.

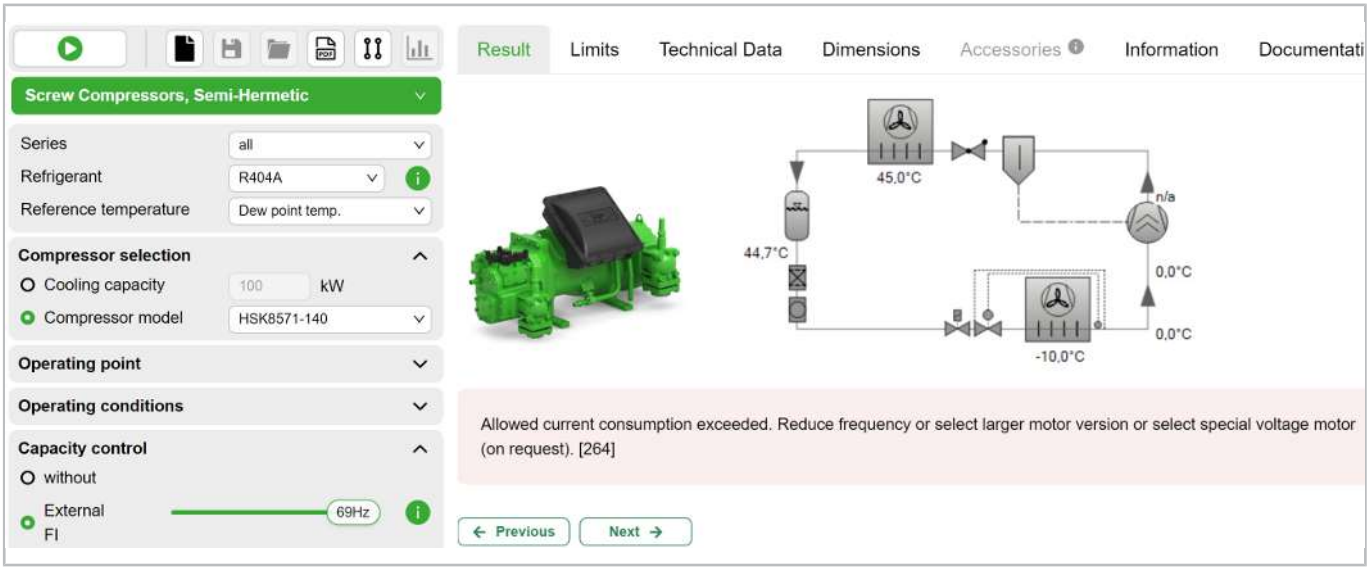


Fig. 8: By increasing the operating frequency of the selected compressor, the maximum current consumption may be exceeded. In this case, the software recommends a larger motor version or a special voltage motor.

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

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

Information
The accessories module only becomes active after a previous calculation!

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:

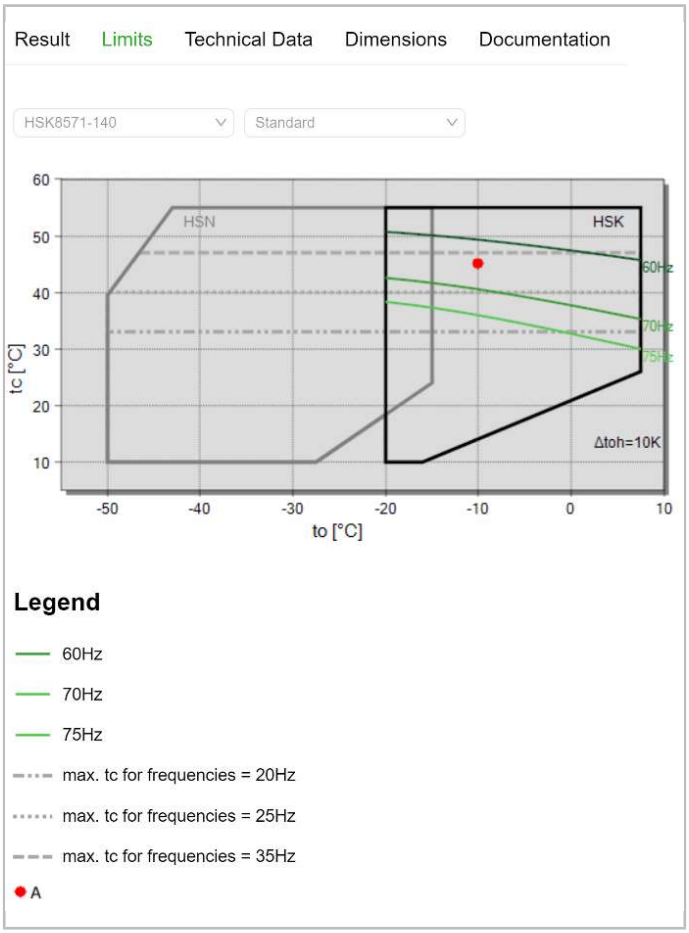


Fig. 9: Visualization of the application limits with frequency inverter in the BITZER SOFTWARE.

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):

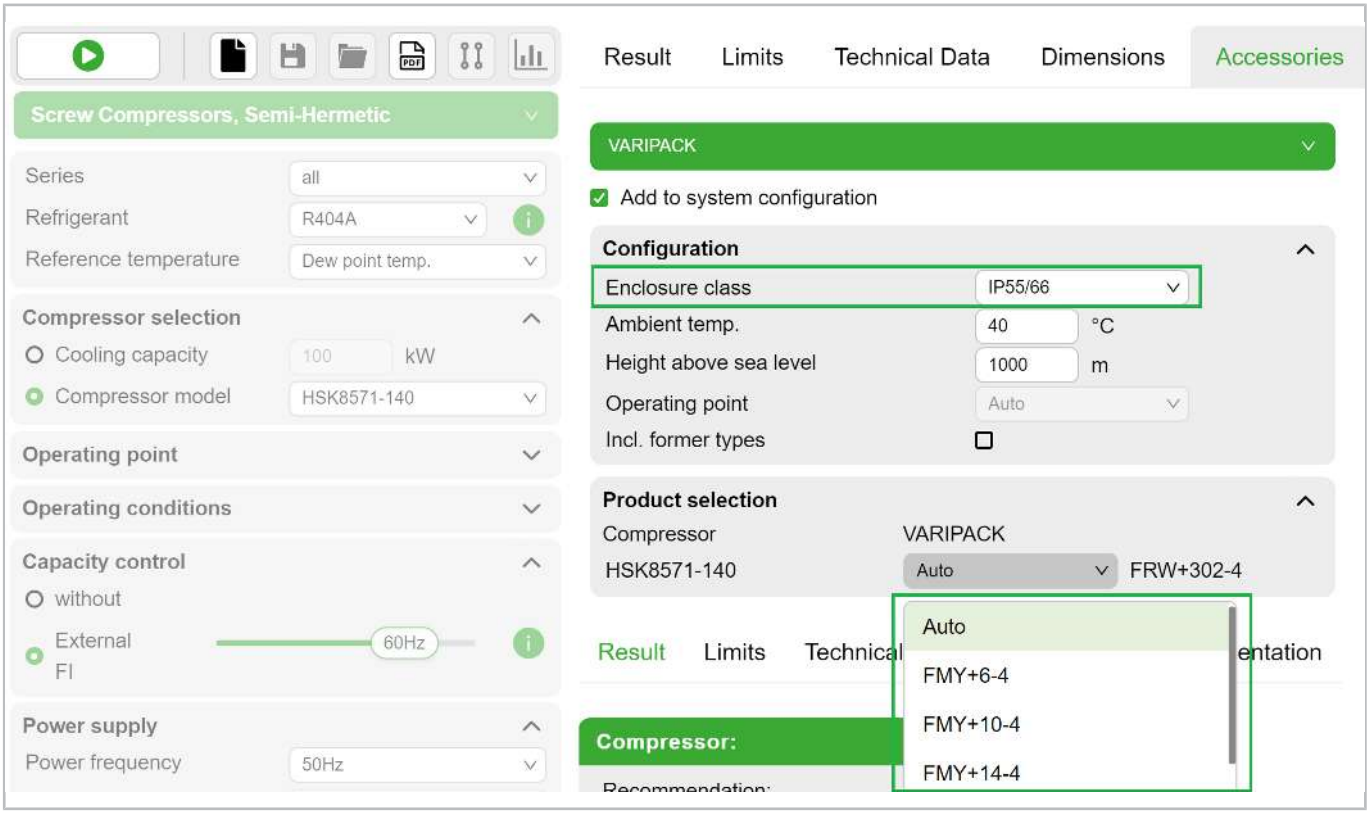


Fig. 10: Menu for choosing the VARIPACK frequency inverter in the accessories module of the BITZER SOFTWARE

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. For screw compressors this factor is: F_S = 1.2. It is multiplied by the "Max. operating current" that the BITZER SOFTWARE indicates for the respective motor in the tab "Technical data" (see below). This maximum current must be within the short-term overload capacity of the frequency inverter, otherwise a larger frequency inverter is necessary.

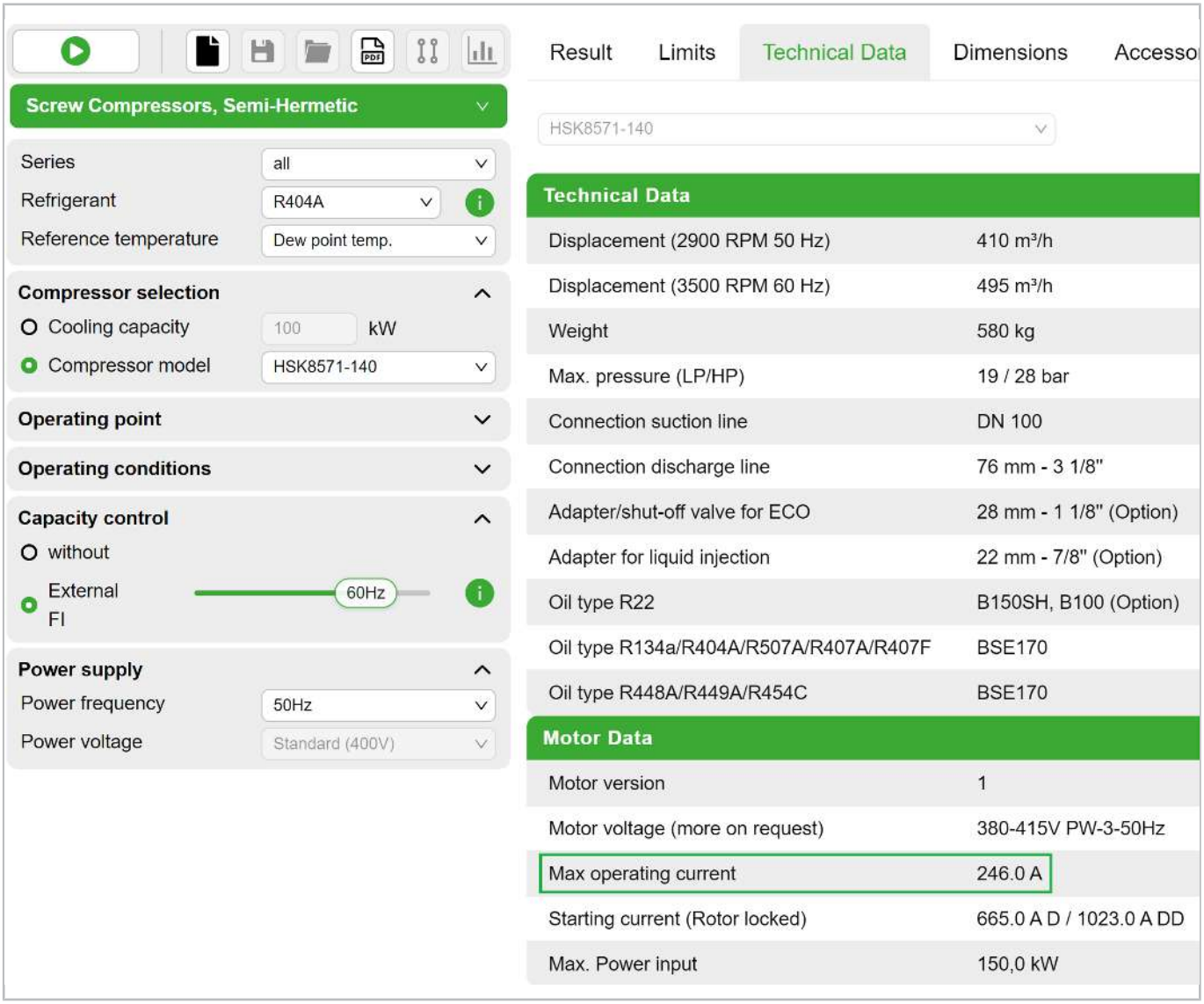


Fig. 11: The "Max. operating current" indicated in the BITZER SOFTWARE (here: 246 A) multiplied by the compressor-specific compensation factor (for screw compressors: F_S = 1.2) gives the necessary short-term overload capacity of the frequency inverter.
For BITZER VARIPACK frequency inverters, this is 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 (figure below, *see figure 12, page 47*). 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).

For safe operation above supply frequency in medium temperature applications, a compressor version with a stronger motor may be necessary (e.g. HSK instead of HSN).

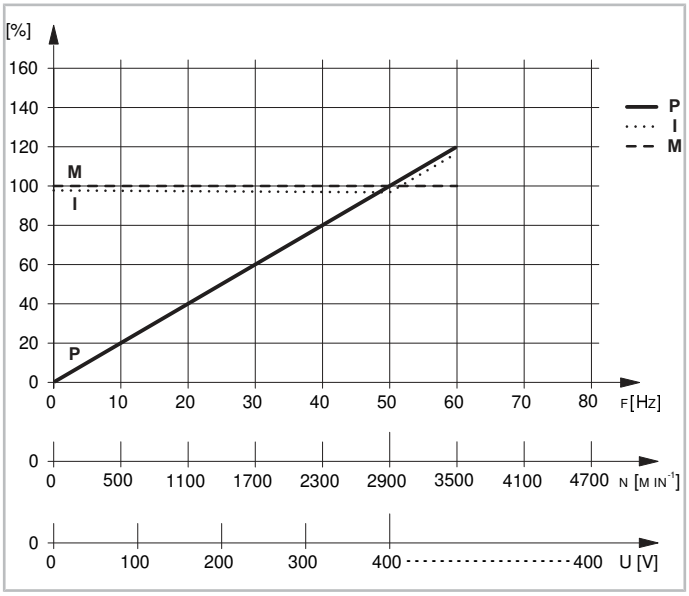


Fig. 12: Operating characteristics of a compressor motor for operation with frequency inverter (400 V/3/50 Hz) with reserve.
P: max. compressor power consumption
M: max. torque of the motor at compressor shaft
I: max. compressor current consumption
f: frequency (frequency inverter output)
U: voltage (frequency inverter output)

Standard motors

For common applications, BITZER suggests using the standard motors. They are very economical and have a large range of operation:

BITZER screw compressors	Motor	Supply voltage
HS.53 .. 85 CS.65 .. 85	40P (part winding motor)	400 V at 50 Hz 460 V at 60 Hz
HS.95 CS.95 .. 105	40D (star-delta motor)	400 V at 50 Hz 460 V at 60 Hz

Tab. 2: Standard motors for operation with external frequency inverter

Special voltage motors

If the motor is running at maximum operating current already at standard conditions and supply frequency, 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. 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):

- 25P: 230 V/3/50 Hz (+73% compressor current) at full motor torque – observe maximum permitted speed of the compressor! (see figure below, graph ③)

NOTICE
Compressor and motor damage in case of exceeding speed!
Observe the upper speed limit of the compressor! See application range.

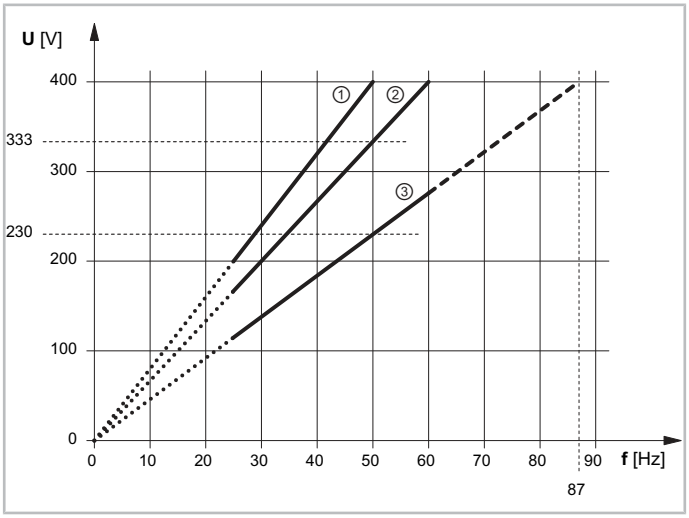


Fig. 13: Voltage increase depending on the frequency for different motors, example CS. compressors.
①: 400 V/3/50 Hz
②: 400 V/3/60 Hz
③: 230 V/3/50 Hz

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. Standard motors for open drive compressors may not be suitable for operation with frequency inverters – critical is e.g. a shaft height >225 mm.

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.

Phase sequence protection relay

Because an incorrect phase sequence / rotation direction is not authorized and will damage the screw compressor, a rotation direction monitoring is necessary. Most available devices, however, are not able to sense the output voltage of an inverter and thus the rotating field. If needed, please contact BITZER.

4.4 Coils for capacity regulator

When configuring a compressor HS.64 .. 74 or OS.74, the "coils for capacity regulator" (standard scope of delivery) may be excluded: The control pistons then operate as start unloading, which is suitable for frequency inverter operation.

All other compressors (i.e. all compressors with slider regulation as well as HS.53) need the coils for start unloading and starting – with or without frequency inverter operation (*Recommended start and stop sequences*).

5 Suitable protection devices

The following compressor protection devices are suitable for operation of screw compressors with frequency inverter:

- Protection device SE-E5, for details:
  - *CT-120*: Protection devices for BITZER compressors
- Protection device SE-i1, for details:
  - *CT-110*: Technical information Protection and monitoring device SE-i1
- Compressor module CM-SW-01, for details:
  - *ST-150*: Compressor module CM-SW-01 for screw compressors

Which device is available for which compressor is shown during design in the BITZER SOFTWARE.

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 inverters (incl. electrical connections and control functions):
  - *CB-110* and *CB-111*: Operating instructions VARIPACK - external BITZER frequency inverters
- For schematic wiring diagrams for various compressors with frequency inverter:
  - *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 0.5 .. 1 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!

For work on the frequency inverter (FI):

DANGER
Life-threatening voltages inside the frequency inverter 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 10 minutes until all capacitors have been discharged!
Before switching on again, close the FI housing.

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

HS.85 .. 95 / CS.85 .. 95

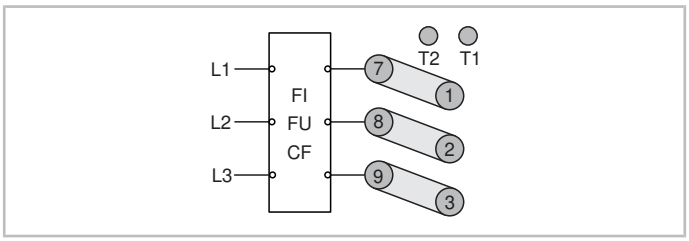


Fig. 14: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for screw compressors
types HS.85 / CS.85: part winding motor with direct-on-line start
types HS.95 / CS.95: star-delta motor with delta wiring

HS.64 .. 74 / CS.75

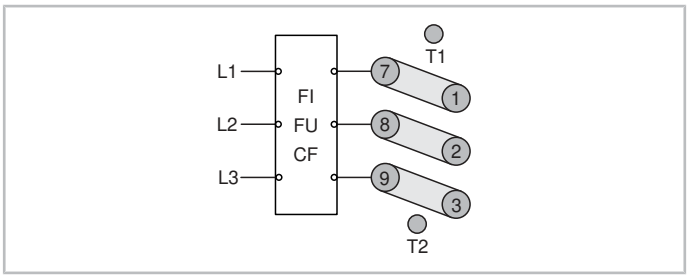


Fig. 15: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for screw compressors types HS.64 .. 74 and CS.75, part winding motor with direct-on-line start

HS.53 / CS.65

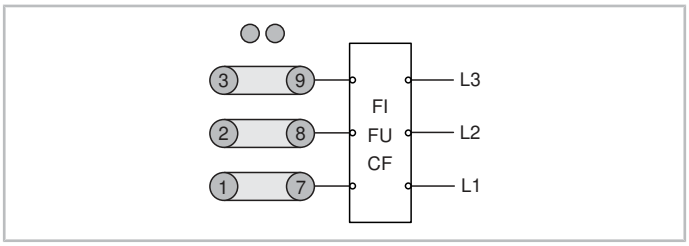


Fig. 16: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for screw compressors types HS.53 and CS.65, part winding motor with direct-on-line start

BITZER screw compressors of series OS. 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.

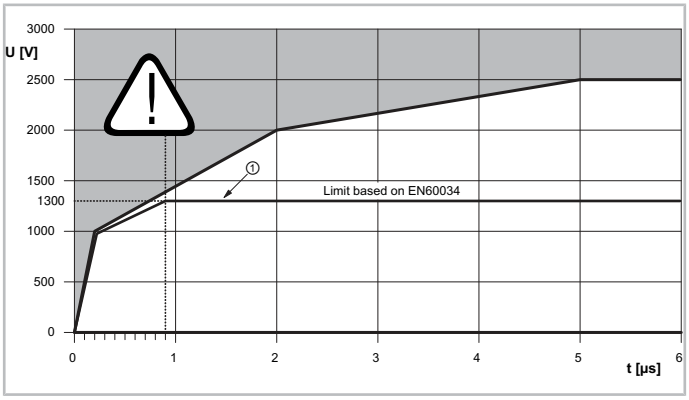


Fig. 17: Limits of voltage increase on motor terminals. White area: permissible range.

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.

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

DANGER
Life-threatening voltages inside the frequency inverter 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 10 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 compressor failure!
Operate the compressor only in the intended rotation direction!

The following diagrams show some examples for start and stop sequences. They enable a soft start, but also a sufficient oil supply for the compressor.

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

Apart from the exceptions explained below:

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.

If the compressor is operated with the CM-SW-01 module and frequency inverter mode, the module controls the mechanical capacity sliders and the oil solenoid valve.

Compressors CS.65 .. 95

Start sequence:

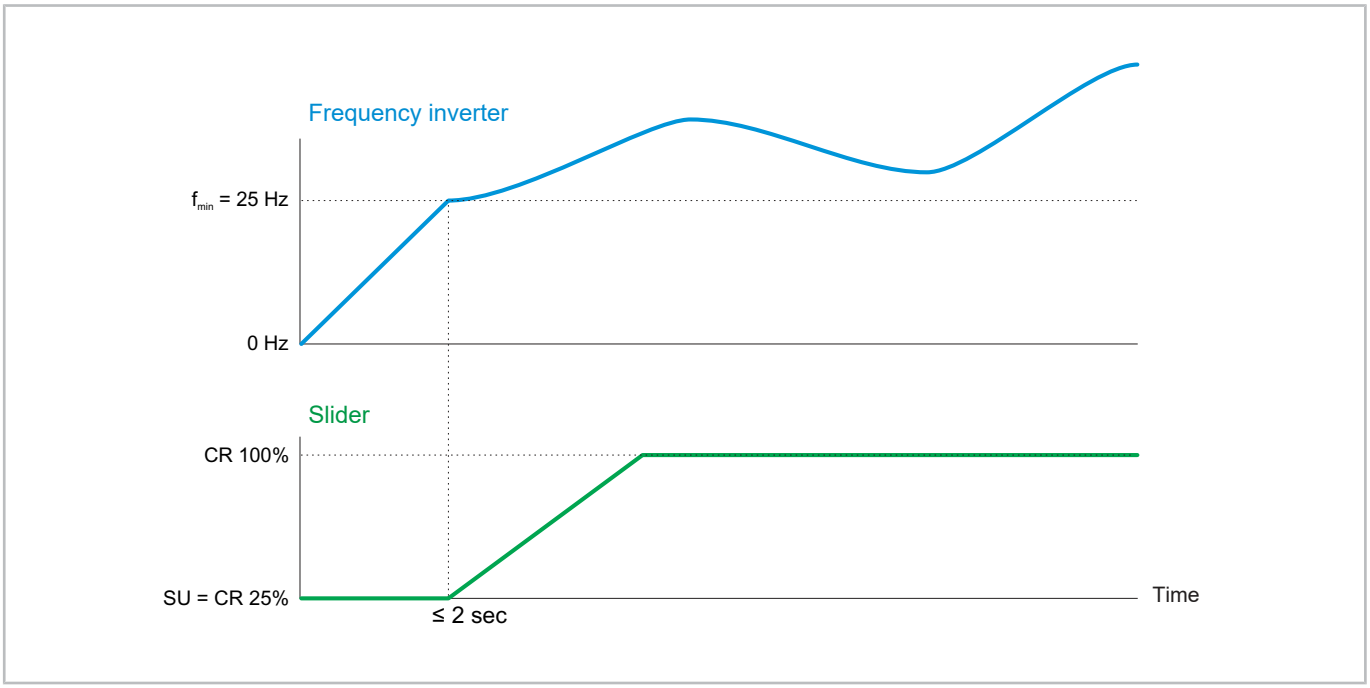
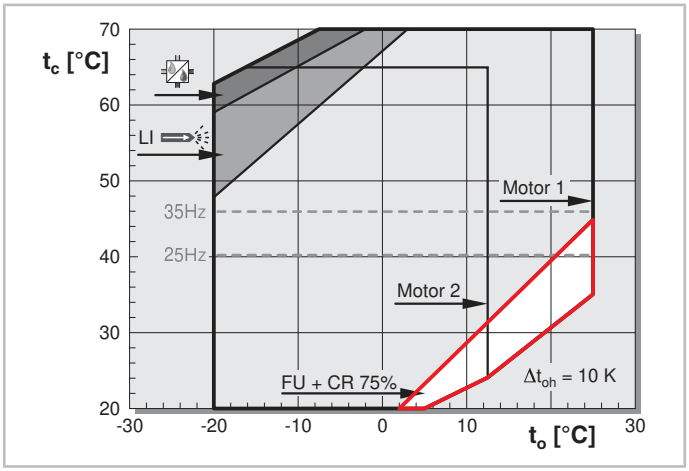


Fig. 18: Recommended start sequence for compressors CS.65 .. 95 with frequency inverter (FI). Start the CR slider unloaded, turn FI to minimum speed of 25 Hz in max. 2 sec, then switch on the CR solenoid valves up to 100% (see Operating Instructions *SB-170*, for start/stop only valve CR3 is energised, CR4 may be energised continuously instead of intermittently with FI operation). The compressor should then reach the application limits within max. 2 min.

For special operating conditions at high evaporation and condensing temperatures the frequency inverter may be combined with CR 75%. In the following diagram showing application limits, this is the white area at the bottom right (for application limits, see also *see figure 6, page 41*):



Stop sequence:

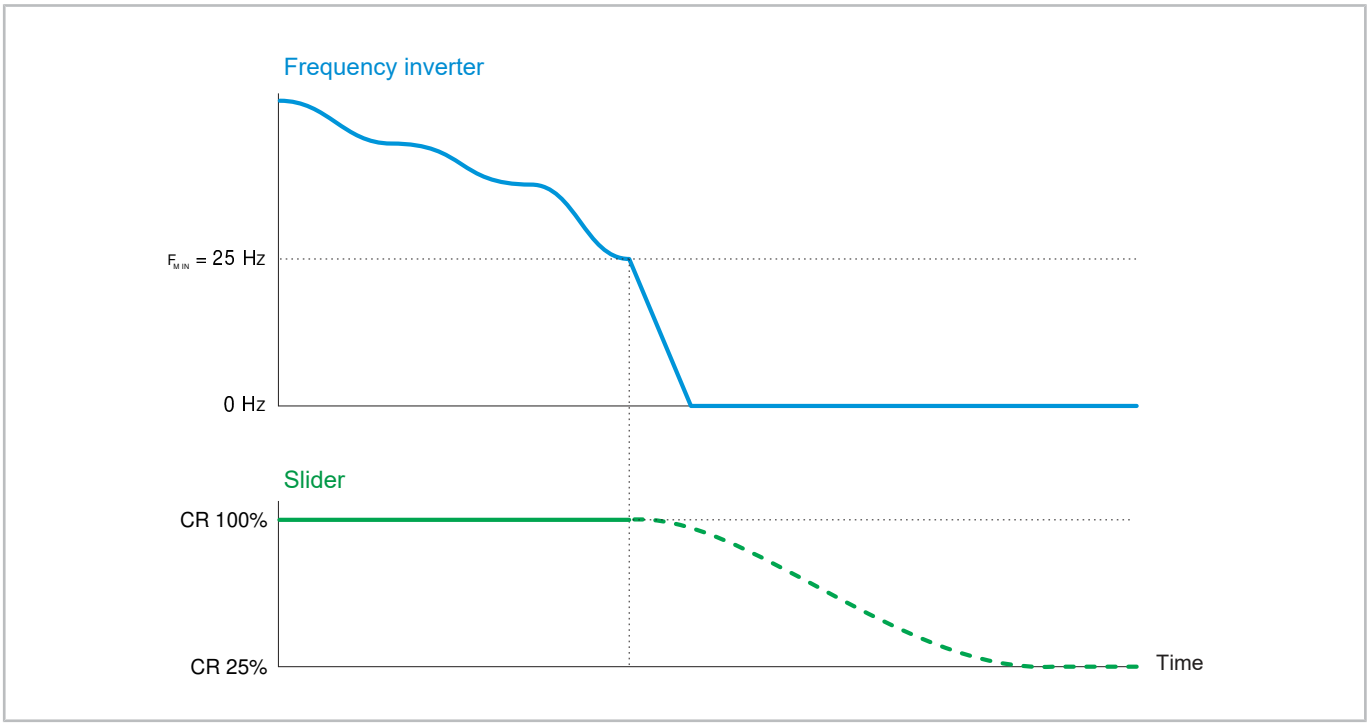


Fig. 19: Recommended stop sequence for compressors CS.65 .. 95 with frequency inverter (FI). After the FI is switched off, the CR slider moves back passively to 25% within approx. 5 min, valve CR3 remains energised (see Operating Instructions *SB-170*).

Compressors CS.105 and HS.95 with CM-SW-01 module

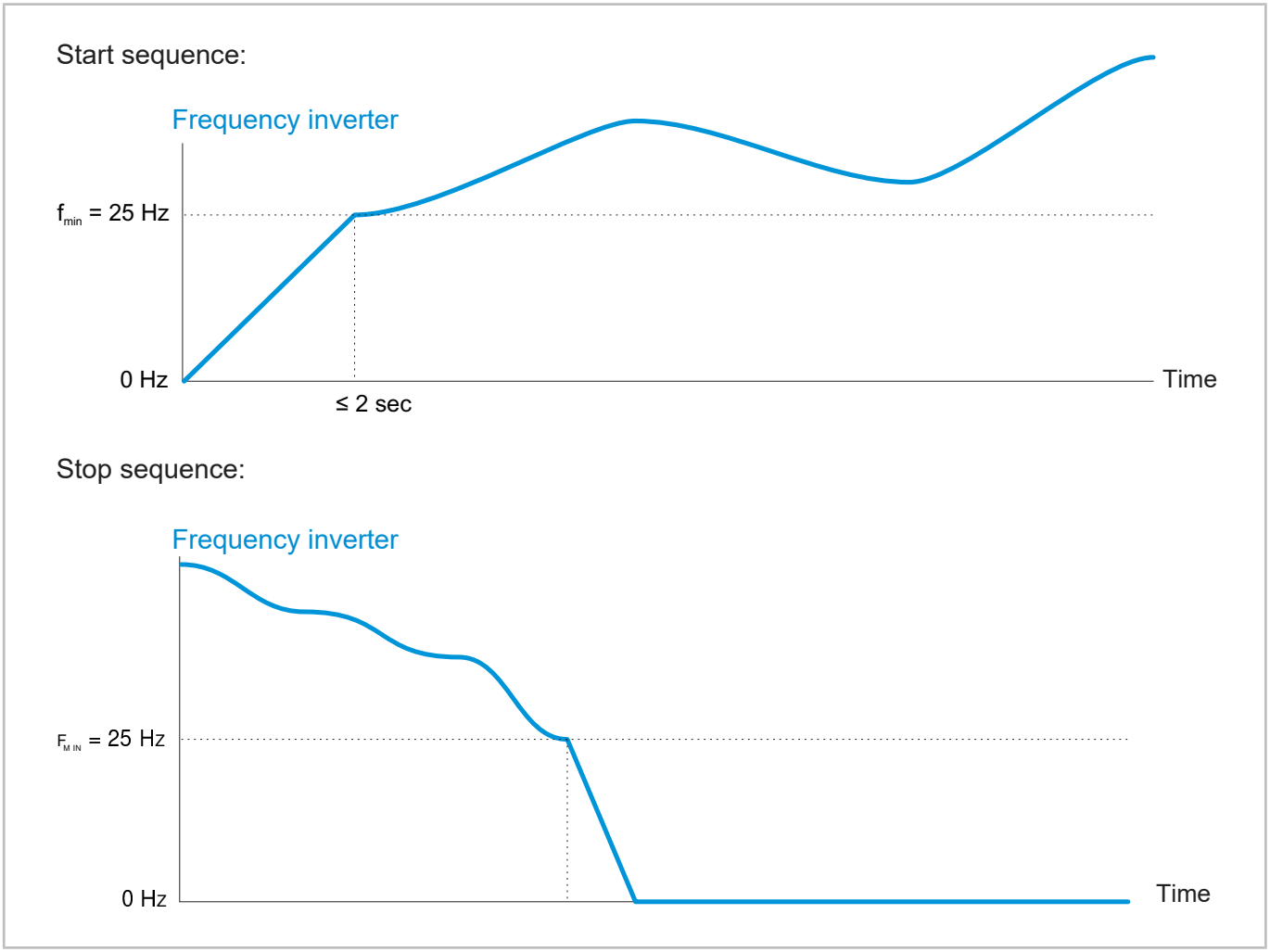


Fig. 20: Recommended start and stop sequence for compressors CS.105 and HS.95 with frequency inverter (FI) and compressor module CM-SW-01 in "Frequency inverter" mode. The module controls the oil management as well as the CR solenoid valves for capacity control (see Operating Instructions *SB-170* for CS.105 and *SB-110* for HS.95).

The combination of frequency inverter and slider capacity regulation is not authorised for CS. and HS. compressors with CM-SW-01. After compressor start, the sliders automatically move to full load position, after compressor stop they are not actively unloaded. This enables a faster new start because the capacity control by frequency inverter can start directly – without increased risk of the compressor not reaching its operating limits in time.

Compressors HS.53 .. 74 and OS.53 .. 74

Start sequence:

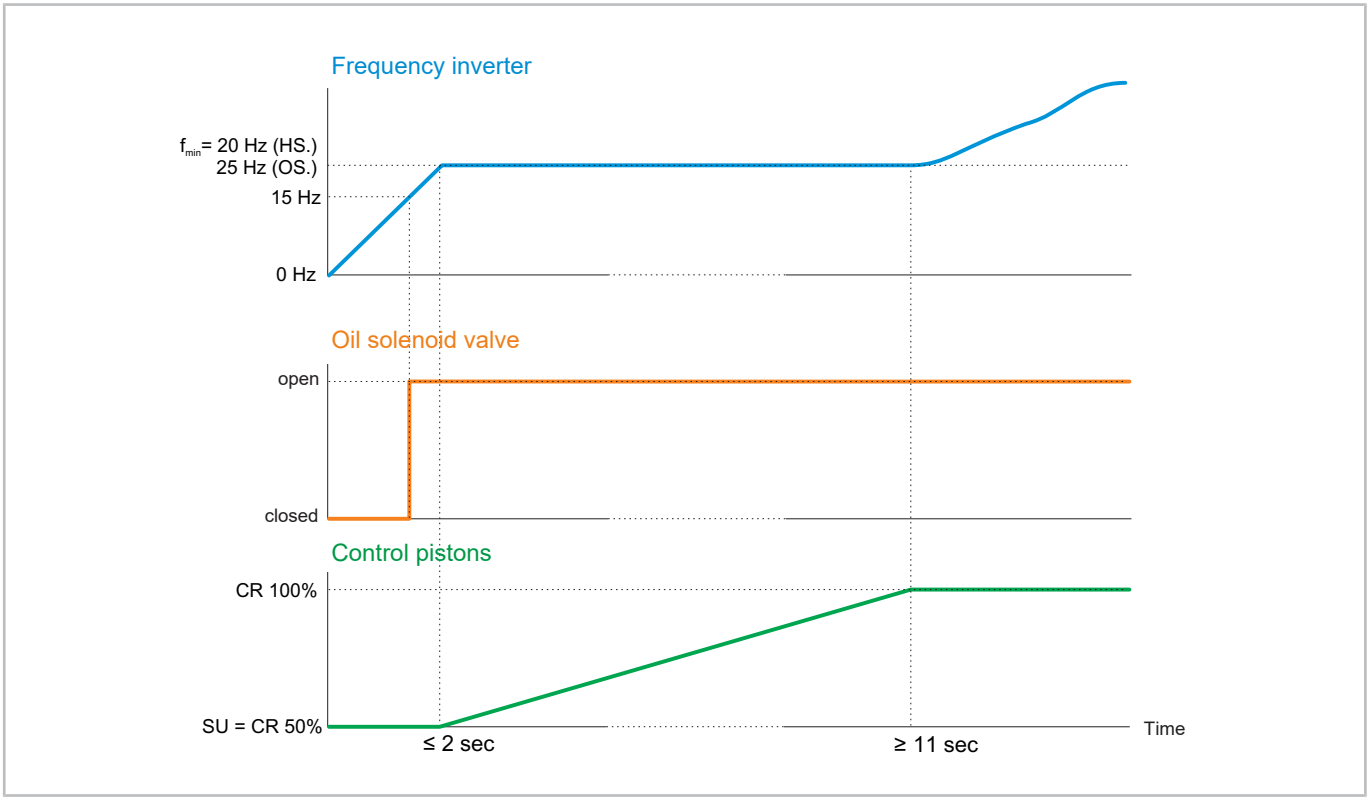


Fig. 21: Recommended start sequence for compressors OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 with frequency inverter (FI). Start the control pistons unloaded, open the oil solenoid valve as soon as the FI reaches 15 Hz. At minimum speed (20 Hz for HS., 25 Hz for OS.) switch on the control pistons up to 100% (see Operating Instructions *SB-100* for HS. and *SB-500* for OS.).

Stop sequence:

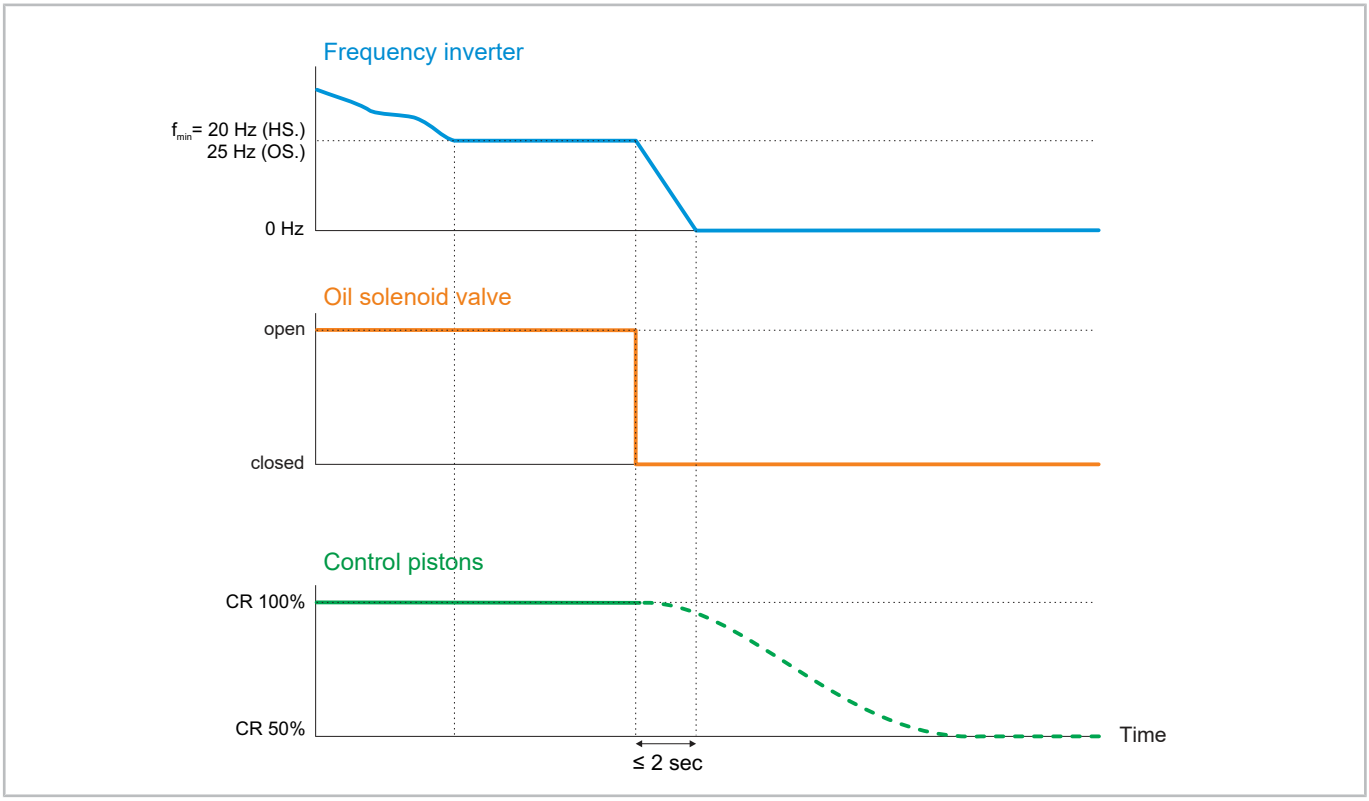


Fig. 22: Recommended stop sequence for compressors OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 with frequency inverter (FI). After the FI is switched off, the control pistons move back passively to 50%.

Compressors HS.85 and OS.85 (without CM-SW-01 module)

Start sequence:

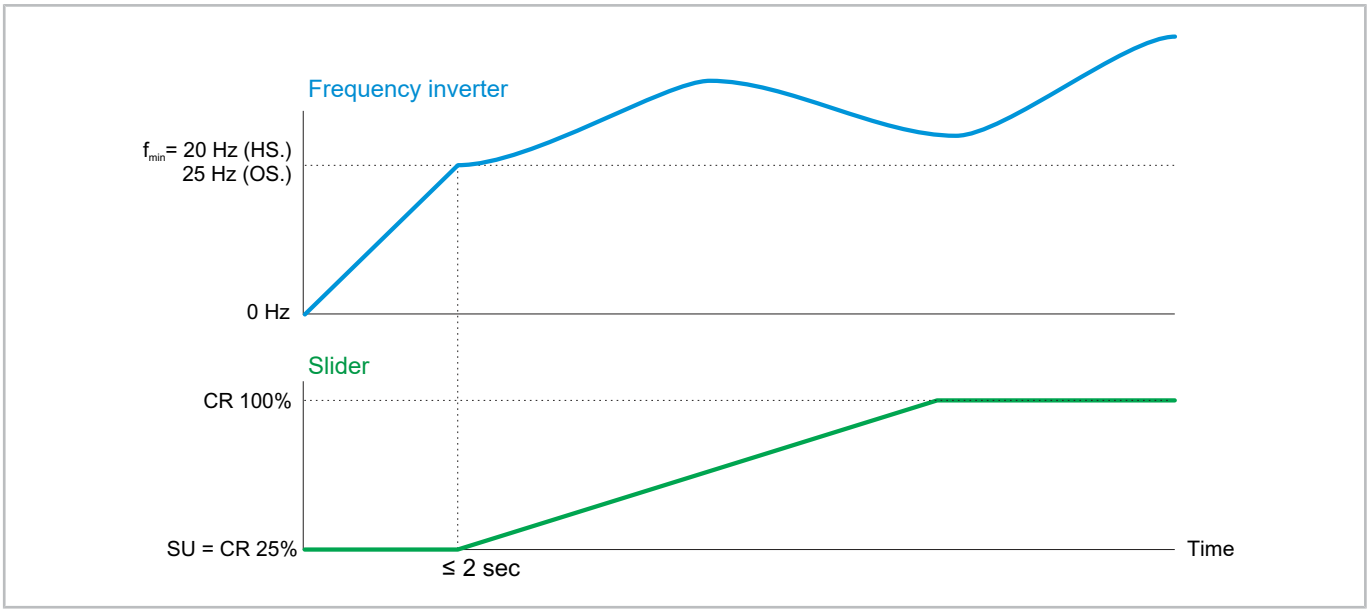


Fig. 23: Recommended start sequence for compressors HS.85 and OS.85 with frequency inverter (FI). Start the CR slider unloaded. As soon as the FI reaches its minimum speed (20 Hz for HS., 25 Hz for OS.), switch on the solenoid valves to 100% as explained in Operating Instructions *SB-110* resp. *SB-520* (CR4 resp. Y4 intermittent). Since the compressors are equipped with an integrated oil management system, there is no need to consider a regulation of the oil solenoid valve.

Stop sequence:

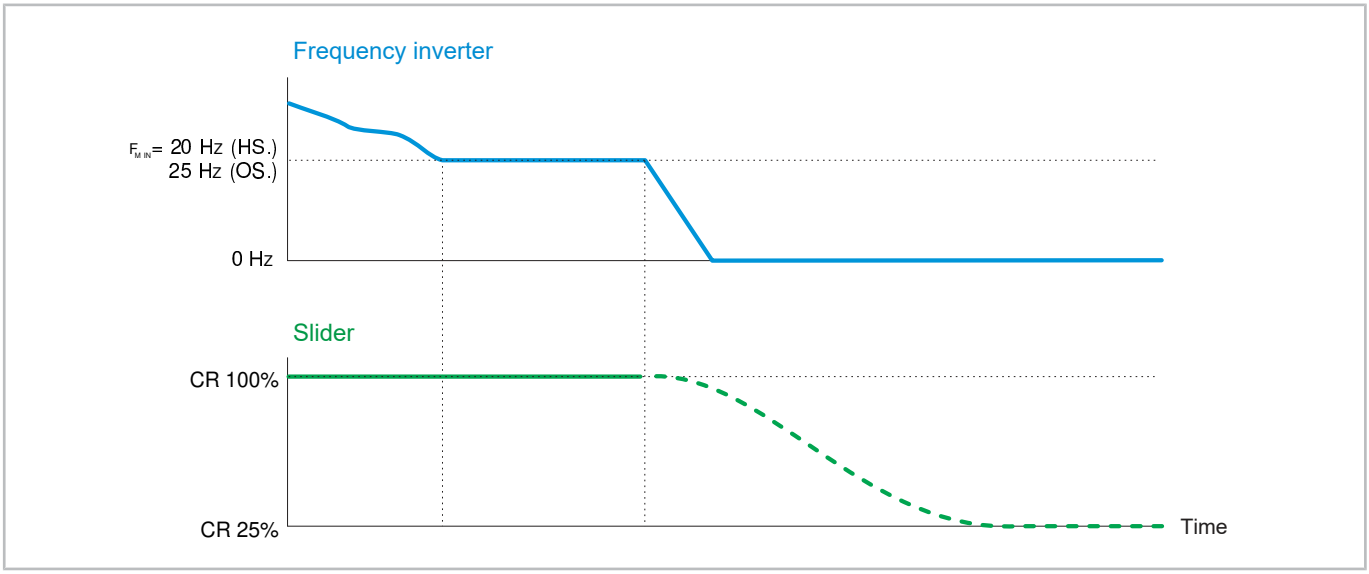


Fig. 24: Recommended stop sequence for compressors HS.85 and OS.85 with frequency inverter (FI). After the FI is switched off, the CR slider moves back passively to 25%.

Compressors OS.A85 .. 105 with CM-SW-01 module

While the integrated motor of the semi-hermetic CS. and HS. compressors provide enough reserve for pull down conditions, this isn't necessarily the case for the OS. compressors: Here, the motor can be selected for the specific application, e.g. a relatively small one might be used for low temperature applications. As a result, it may be necessary to reduce the load by slider control until nominal operating conditions are reached, in order to not overload the motor. Since the motor cooling with very low refrigerant mass flow is not such an important issue for open drive compressors as it is for CS. and HS. compressors, slider capacity control can be combined with frequency inverter control for pull down conditions. In this case, the minimum slider capacity position is limited to 50%.

Start sequence:

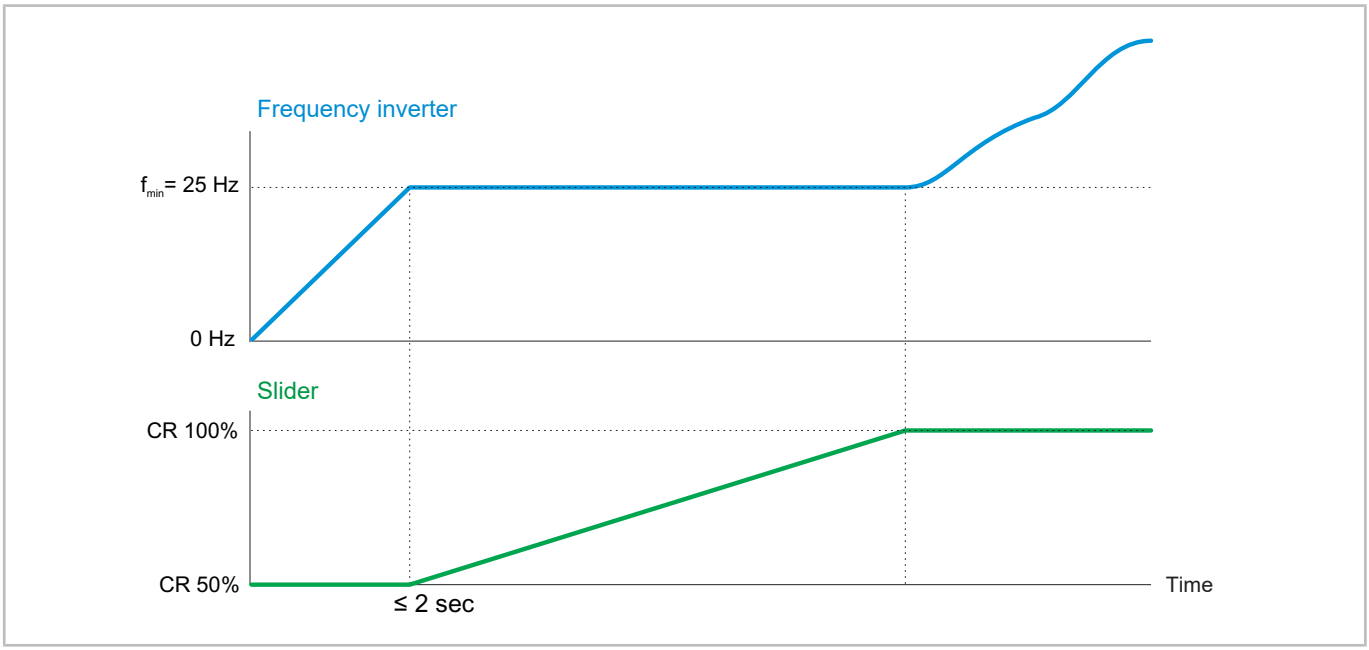


Fig. 25: Recommended start sequence for compressors OS.A85 .. 105 with frequency inverter (FI) and compressor module CM-SW-01. The module controls the oil management as well as the CR solenoid valves for capacity control (see Operating Instructions *SB-520*). In "Frequency inverter" mode the module is preset so that it puts the CR slider for start unloading to min. 50% instead of 25% (50 .. 100% may be chosen).

Stop sequence:

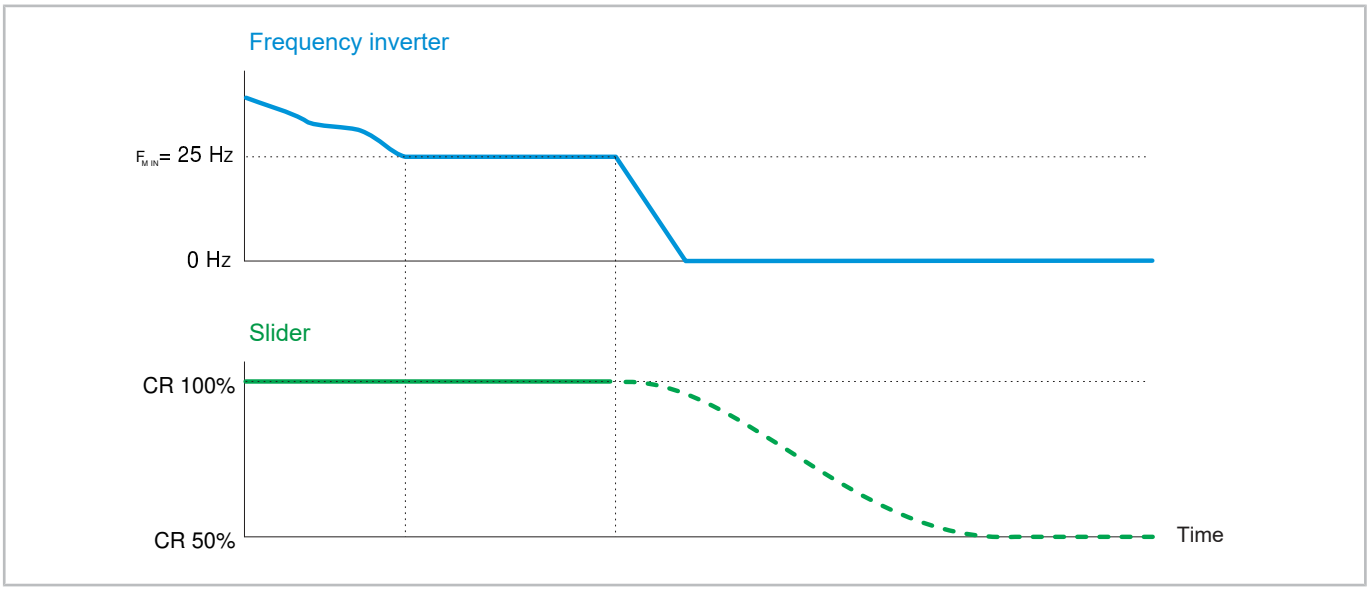


Fig. 26: Recommended stop sequence for compressors OS.A85 .. 105 with frequency inverter (FI) and compressor module CM-SW-01. The module controls the oil management as well as the CR solenoid valves (see Operating Instructions *SB-520*). In "Frequency inverter" mode the module is preset so that it puts the CR slider for start unloading to min. 50% instead of 25% (50 .. 100% may be chosen).

Start / Stop sequences with economiser operation

In principle, the above sequences apply also to economiser operation, but observe the altered application limits (see BITZER SOFTWARE)! The economiser may be started as soon as operating conditions are stable, and is shut off together with the frequency inverter.

OS.A95 and OS.A105: Pulsation muffler during economiser operation

For OS.A95 and OS.A105 compressors in ECO operation, a pulsation muffler in the economiser line is recommended resp. necessary. Two options are available:

- a muffler system, consisting of muffler, check valve, control valve (one unit is required for OS.A95, two units are required for OS.A105)

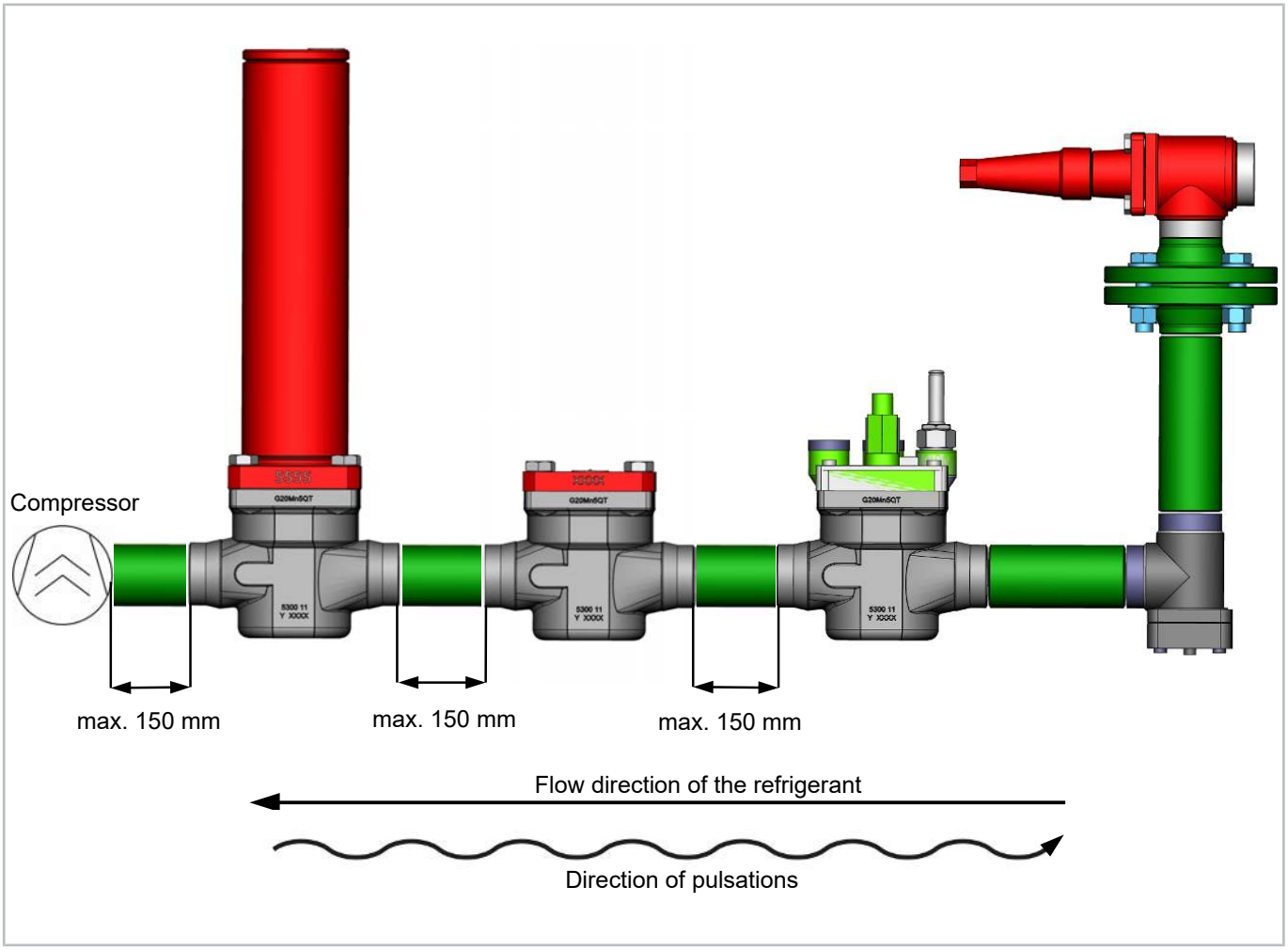


Fig. 27: Muffler system, consisting of muffler, check valve, control valve

- a basic pulsation muffler designated SD42 (part no. EPARTS: 354 004 05)

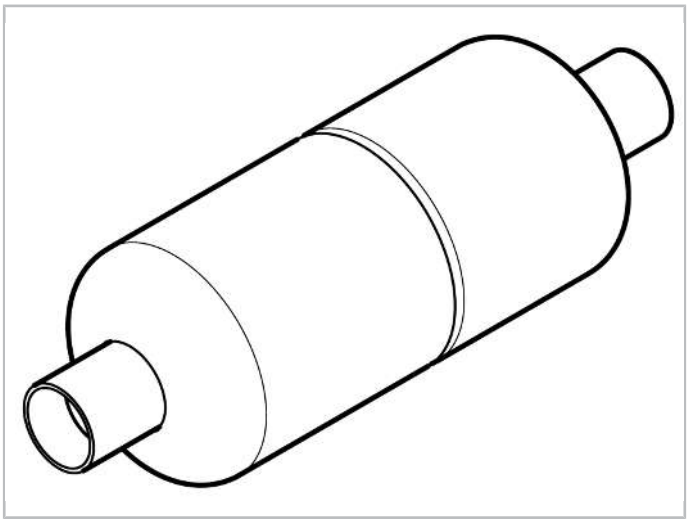


Fig. 28: Basic pulsation muffler SD42 in the ECO connection, part no. 354 004 05

For operation at condensing temperatures > 40°C and/or evaporation temperatures > 10°C, the muffler system is mandatory. In the remaining range, BITZER recommends the pulsation muffler SD42. For details see the following figure and table.

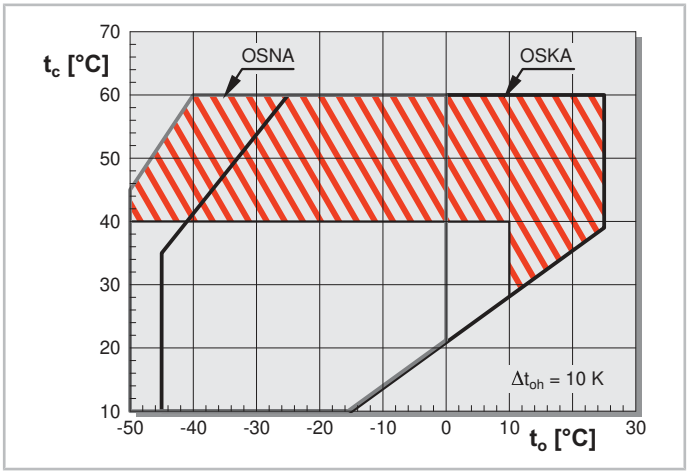


Fig. 29: Application limit of OS.A95 and OS.A105 screw compressors during ECO operation, In the shaded area. the ECO muffler system is mandatory.

Planned operating range	Pulsation muffler	Possible scope of capacity regulation
Operation in the shaded area of the application limit (t_c > 40°C and/or t_o > 10°C)	Economiser muffler system is mandatory	• Slider 80% .. 100% and fixed frequency 50/60 Hz • or slider 100% and variable frequency 25 .. 67 Hz
Operation outside the shaded area of the application limit (t_c < 40°C and t_o < 10°C)	Optional: economiser muffler system	• Slider 80% .. 100% and fixed frequency 50/60 Hz • or slider 100% and variable frequency 25 .. 67 Hz
	Optional: basic pulsation muffler SD42 in ECO connection	• Slider 80% .. 100% and fixed frequency 50/60 Hz

Tab. 3: OS.A95 and OS.A105 compressors during ECO operation: recommended pulsation mufflers and combination with capacity regulation

See also:

- *ST-430*: Capacity control of BITZER screw compressors
- *ST-610*: Economiser operation of screw compressors

Start and stop in compound systems

- If **one** compressor is operated with frequency inverter: Start the compressor as described above, then switch on the compressor without frequency inverter as usual when needed. For stop, first shut off the compressor without frequency inverter, then stop the compressor with frequency inverter as described above.
- Compound system with frequency inverter on **each** compressor: Use the start and stop sequences as described above. The compressors start one after the other, depending on the control of the compound.

7.3 Cycling rate and minimum running times

In contrast to direct-on-line start, starting with a frequency inverter does not lead to increased thermal load on the motor. This allows a higher number of compressor starts: **Up to 12 starts per h** are possible, regardless of the compressor or motor. (With other starting modes, a maximum of 4 .. 8 starts per h are possible, see operating instructions).

Minimum running time of the compressors should be **5 min**, this is independent of the starting mode. Single shorter operating cycles are possible, but operation with repeated shorter operating cycles should be avoided to prevent a lack of oil in the compressor.

When operating with a frequency inverter, the capacity control slider does not have to be completely unloaded before the next start. Therefore, the minimum pause time can also be significantly shorter. However, it must at least be ensured that the compressor has come to a complete standstill and is no longer rotating backwards.

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 66

2 Sécurité 68

3 Fonctionnement avec convertisseur de fréquences 69

3.1 Puissance frigorifique et efficacité de l'installation 69

3.2 Champs d'application 70

4 Sélection 74

4.1 Sélection avec BITZER SOFTWARE 74

4.2 Moteurs du compresseur 78

4.3 Points à respecter pour les compresseurs ouverts 80

4.4 Bobines pour le régulateur de puissance 81

5 Dispositifs de protection appropriés 81

6 Raccordement électrique du compresseur et convertisseur de fréquences 81

6.1 Cheminement de câblage 82

6.2 Raccords du moteur sur la plaque à bornes 83

6.3 Augmentation de la tension d'impulsion sur les bornes du moteur 83

6.4 Chaîne de sécurité 84

6.5 Compensation de la puissance réactive 84

6.6 Disjoncteur différentiel 84

7 Mise en service 85

7.1 Configuration du convertisseur de fréquences 85

7.2 Séquences de démarrage et d'arrêt recommandées 86

7.3 Fréquence de commutation et durées de marche minimales 96

7.4 Détendeurs électroniques et convertisseurs de fréquences 96

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 vis 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 vis 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%.

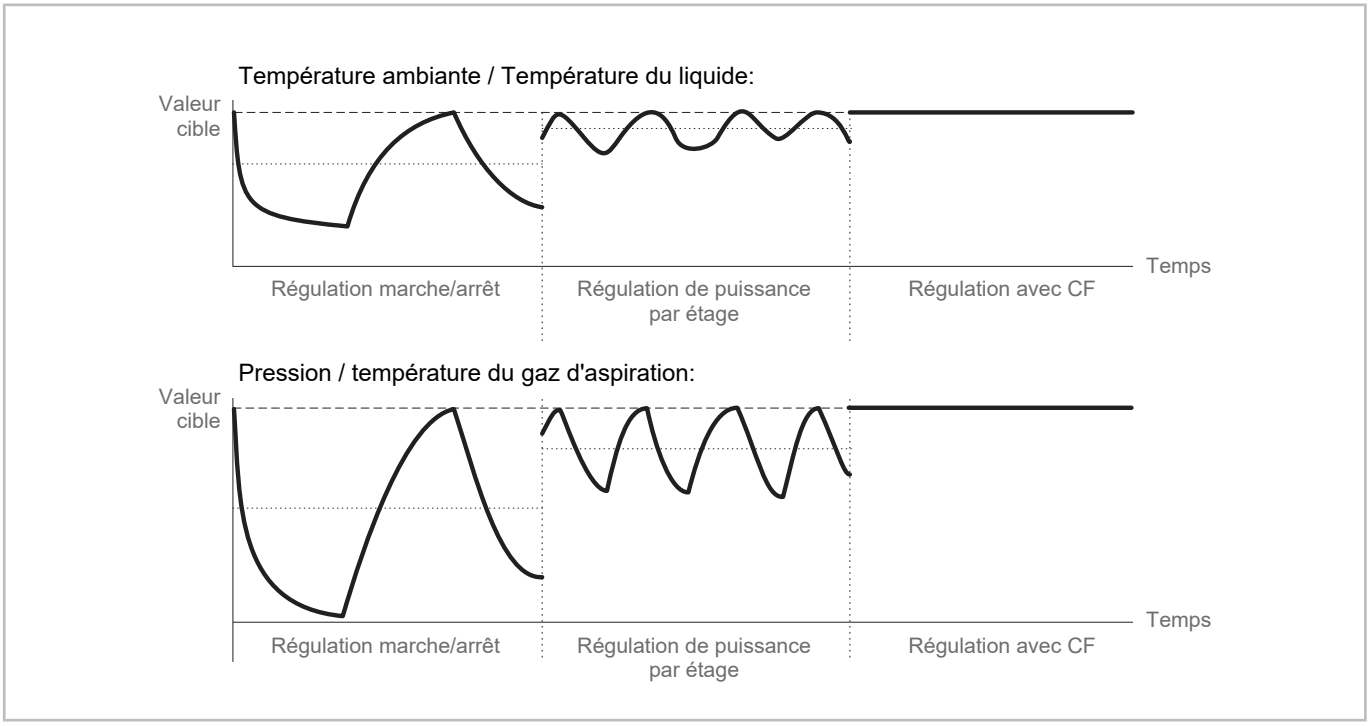


Fig. 1: La régulation de puissance par convertisseur de fréquences (CF) en comparaison avec la régulation par marche-arrêt et la régulation mécanique par étage

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.

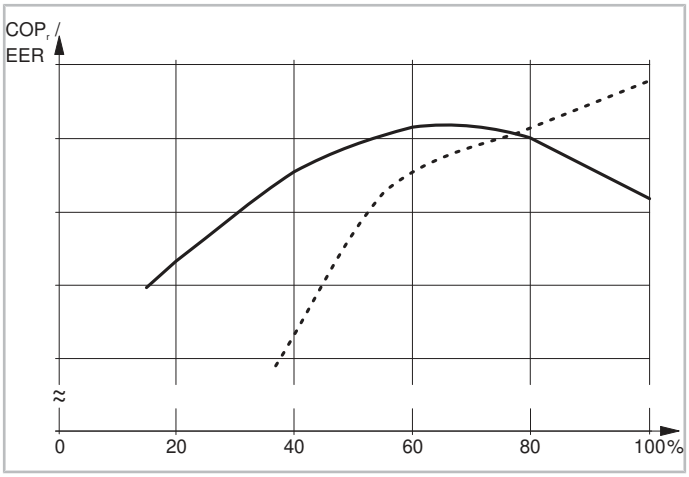


Fig. 2: Comparaison des caractéristiques de rendement de régulation de puissance des compresseurs à vis avec régulation par tiroir et celle de compresseurs avec régulation par convertisseur de fréquences (CF) : coefficient de performance COP$_r$/EER (rapport puissance frigorifique/puissance relevée) en fonction de la charge.
Courbe en pointillés : CSW avec régulation par tiroir, la série de compresseurs est optimisée pour COP$_r$/EER à pleine charge.
Courbe continue : CSVW avec régulation par CF, la série de compresseurs est optimisée pour COP$_r$/EER à charge partielle (plage de régulation 6,2:1).
Conditions de fonctionnement : R134a, t_O : 5°C / t_C : 38°C / Δt_{oh} : 5 K.
Avec la régulation par tiroir, 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

- *SB-100* : Instructions de service Compresseurs à vis hermétiques accessibles HS.53 .. 74
- *SB-110* : Instructions de service Compresseurs à vis hermétiques accessibles HS.85 .. 95
- *SB-170* : Instructions de service Compresseurs à vis compacts hermétiques accessibles CS.65 .. 105
- *SB-300* : Instructions de service Compresseurs à vis hermétiques compactes VSK
- *SB-500* : Instructions de service Compresseurs à vis ouverts OS.53 .. 74
- *SB-520* : Instructions de service Compresseurs à vis ouverts OS.85, OS.95, OS.105
- *CB-110* et *CB-111* : Instructions de service VARIPACK – convertisseurs de fréquences BITZER externes

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

Un tiroir de régulation ou un piston de commande, par exemple, permettent d'adapter mécaniquement la puissance frigorifique d'un compresseur à vis à la demande de froid de l'installation. Dans les centrales frigorifiques, il est (en plus) également possible d'activer et de désactiver 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 asynchrones triphasés à 2 pôles, les vitesses nominales suivantes en résultent :

- 2900 min^{-1} à 50 Hz ou
- 3500 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 constante 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*).

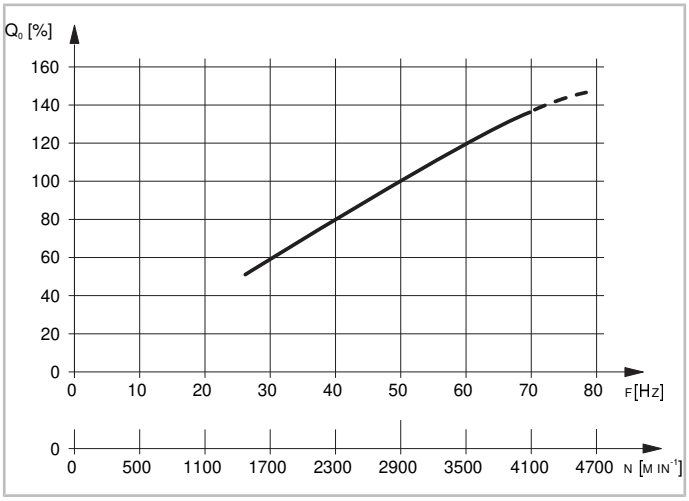


Fig. 4: Évolution typique de la puissance frigorifique Q_0 en fonction de la vitesse de rotation et de la fréquence pour les compresseurs à vis

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.
- flux massique de fluide frigorigène minimal pour le refroidissement du moteur etc.
- alimentation en huile suffisante pour étancher l'espace des profils
- 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})	Remarques
HS.53 .. HS.85	20 .. 75	1200 .. 4400	
HSNP74, HSNP85	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9573 .. HS.9583	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9593 .. HS.95103	20 .. 60	1200 .. 3500	
CS.65 .. CS.105	25 .. 60	1450 .. 3500	Pour certaines plages, des limites étendues sont éventuellement disponibles sur demande. Version avec CF intégré : CSV.
OS.53	25 .. 75	1450 .. 4500	
OS.74 .. 85	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.95	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.105	26 .. 67	1500 .. 4000	
VSK31	20 .. 87	1200 .. 5100	avec moteur 230 V-3-50 Hz
VSK41	20 .. 70	1200 .. 4100	avec moteur230 V-3-50 Hz

Tab. 1: Plages de vitesses de rotation et de fréquences autorisées des compresseurs à vis BITZER (tenir également compte des limites d'application et du courant absorbé maximal du moteur)

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 du compresseur*). Autres informations sur demande.

Limites d'application pour le fonctionnement avec un convertisseur de fréquence

La figure ci-dessous montre un exemple des limites d'application des compresseurs HS. à différentes fréquences ainsi que la variation de la fréquence 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.

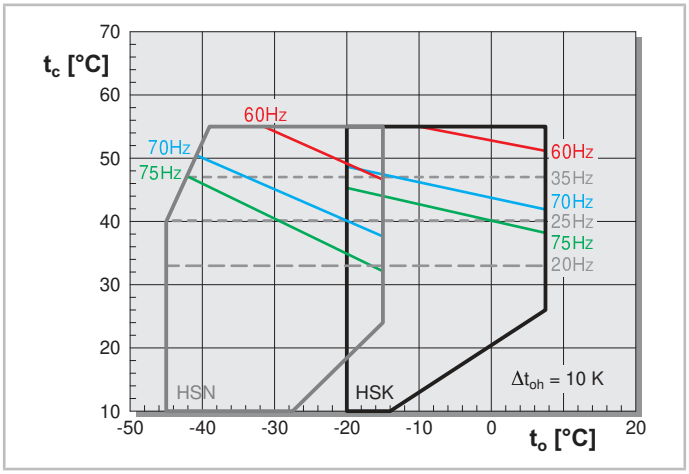


Fig. 5: Exemple des limites d'application du compresseur à vis HS.64 avec convertisseur de fréquences et fluide frigorigène R404A. Le compresseur ne peut être utilisé que dans la plage **au-dessous** des lignes de fréquence indiquées.
t_o : température d'évaporation, t_c : température de condensation, Δt_{oh} : surchauffe du gaz d'aspiration
Ligne grise en pointillés (20 .. 35 Hz) : limites en fonction de la température du moteur.
Lignes colorées continues (60 .. 75 Hz) : limites liées à la température du moteur ou l'intensité de courant maximale.

La figure ci-dessous montre un exemple des limites d'application de compresseurs CSH. Des limites d'application spécifiques, moteurs et fluides frigorigènes sont détaillés dans BITZER SOFTWARE. Pour les compresseurs CS, BITZER propose une série CSV. spéciale intégrant un convertisseur de fréquences, le compresseur et le convertisseur de fréquences étant coordonnés:

- *SB-160* : Instructions de service Compresseurs à vis compacts hermétiques accessibles avec convertisseur de fréquences intégré CSV.

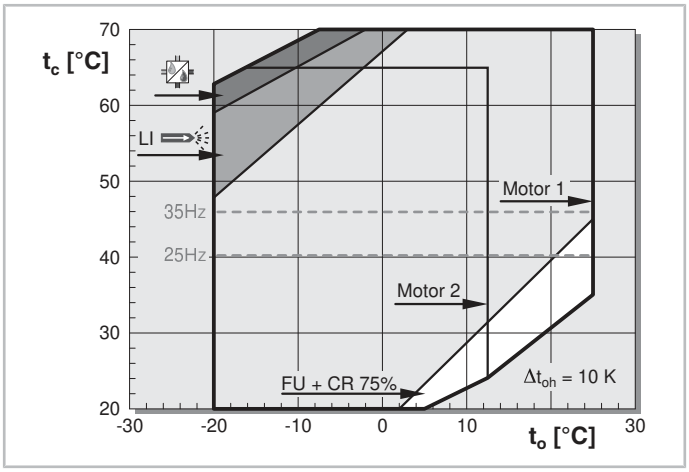


Fig. 6: Exemple des limites d'application du compresseur à vis CSH avec convertisseur de fréquences (CF) et le fluide frigorigène R134a. Le compresseur ne peut être utilisé que dans la plage **en dessous** des lignes de fréquence.
t_o : température d'évaporation, t_c : température de condensation, Δt_{oh} : surchauffe du gaz d'aspiration
Zone en gris foncé en haut à gauche : refroidissement d'huile nécessaire.
Zone en gris clair en haut à gauche : refroidissement additionnel nécessaire.
Lignes grises en pointillés (25 .. 35 Hz) : limites en fonction de la température du moteur.
Utilisation à 60 Hz selon une conception individuelle.
Zone blanche en bas à droite : CR max. 75%.

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*).

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 HS.

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 (*Moteurs du compresseur*). Si l'un de ces compresseurs est sélectionné, le logiciel affiche la fréquence, la puissance frigorifique et le courant absorbé (tension) :

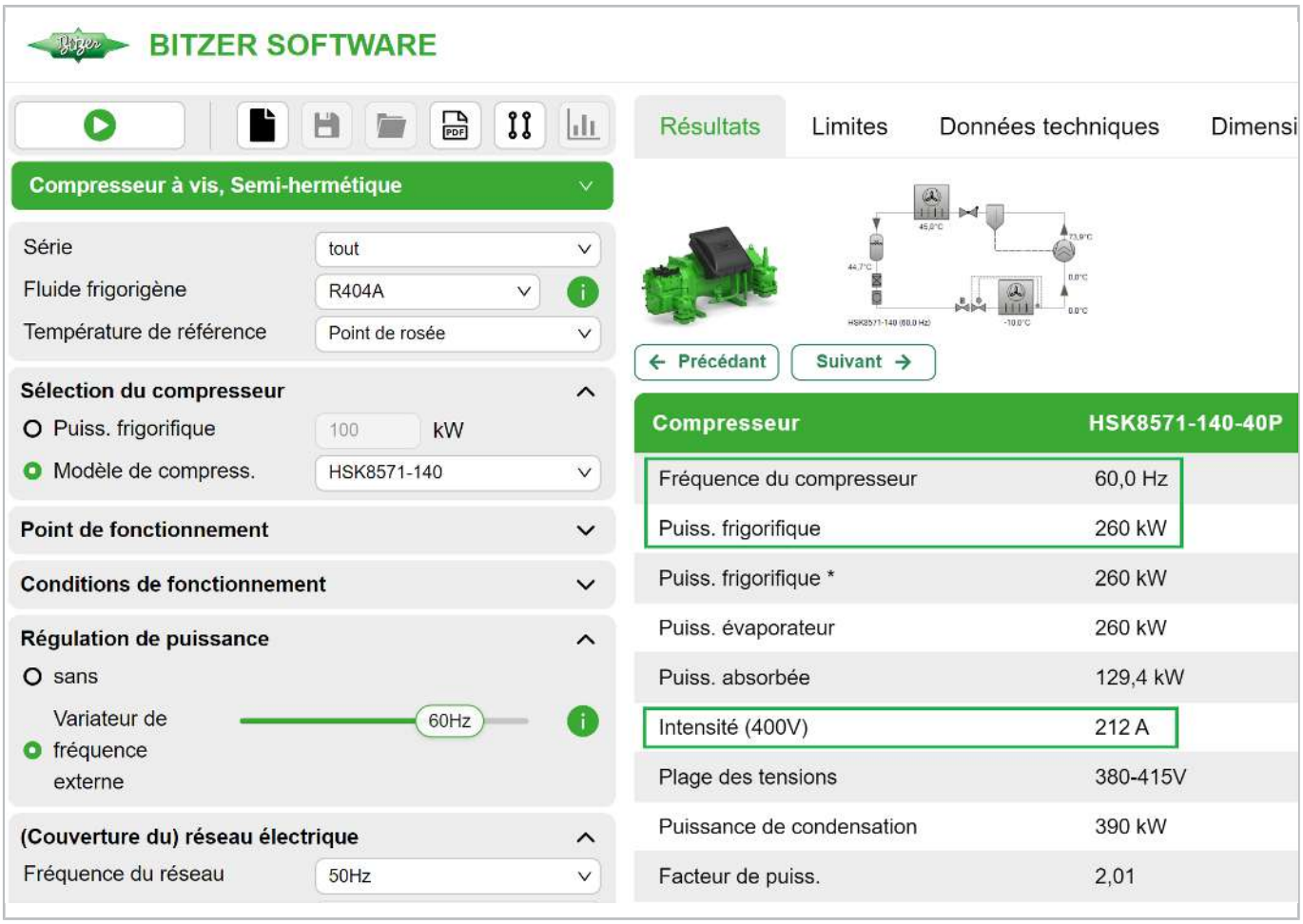


Fig. 7: BITZER SOFTWARE affiche la fréquence, la puissance frigorifique et l'intensité (tension) du compresseur sélectionné.

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 « Modèle de compress. ») ou un moteur à tension spéciale (*Moteurs du compresseur*) 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.

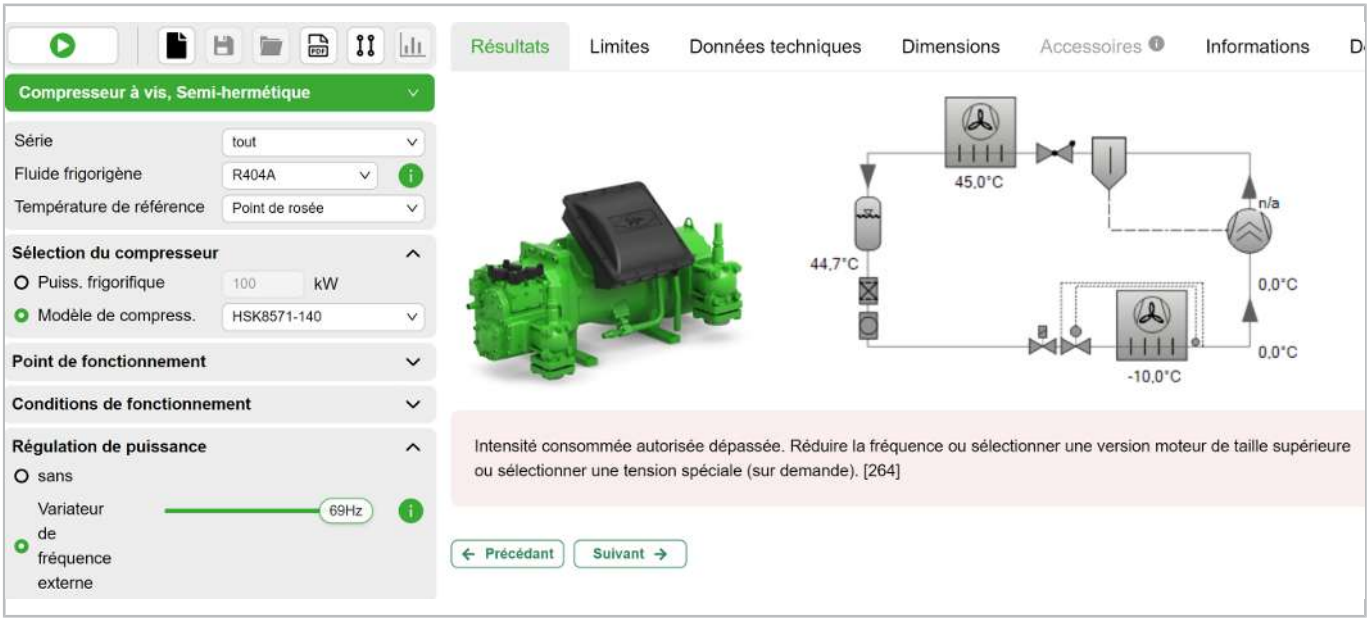


Fig. 8: Si la fréquence de service d'un compresseur sélectionné est augmentée, le courant absorbé maximal peut être dépassé. Dans ce cas, le logiciel recommande l'utilisation d'une version de moteur plus grande ou un moteur à tension spéciale.

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

Cliquer sur le module supplémentaire dans la barre de menu supérieure.

Information
Il faut d'abord effectuer un calcul pour que le module supplémentaire devienne actif !

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 :

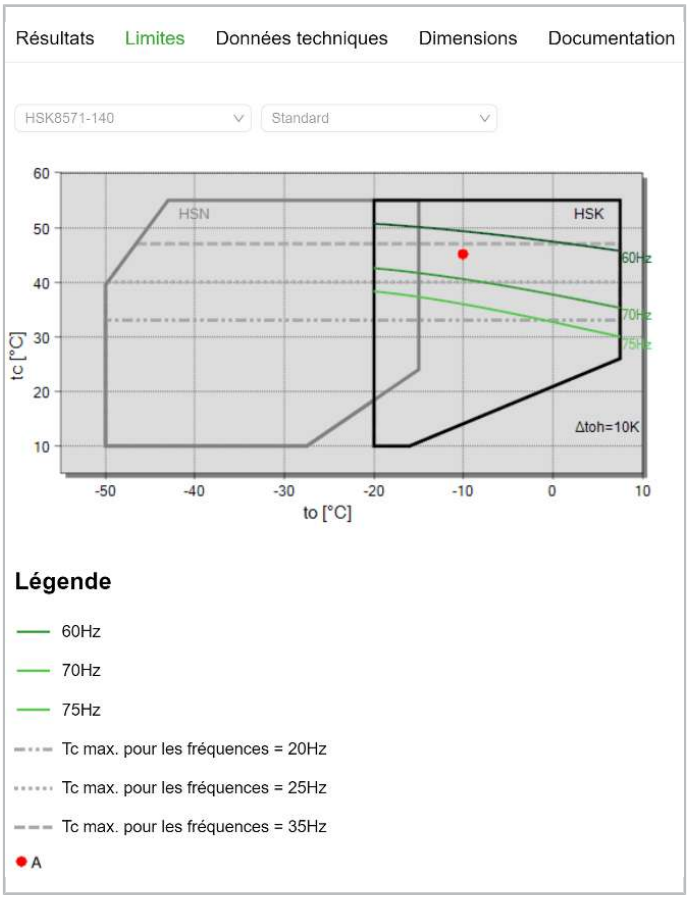


Fig. 9: Visualisation des limites d'application avec un convertisseur de fréquences dans BITZER SOFTWARE.

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) :

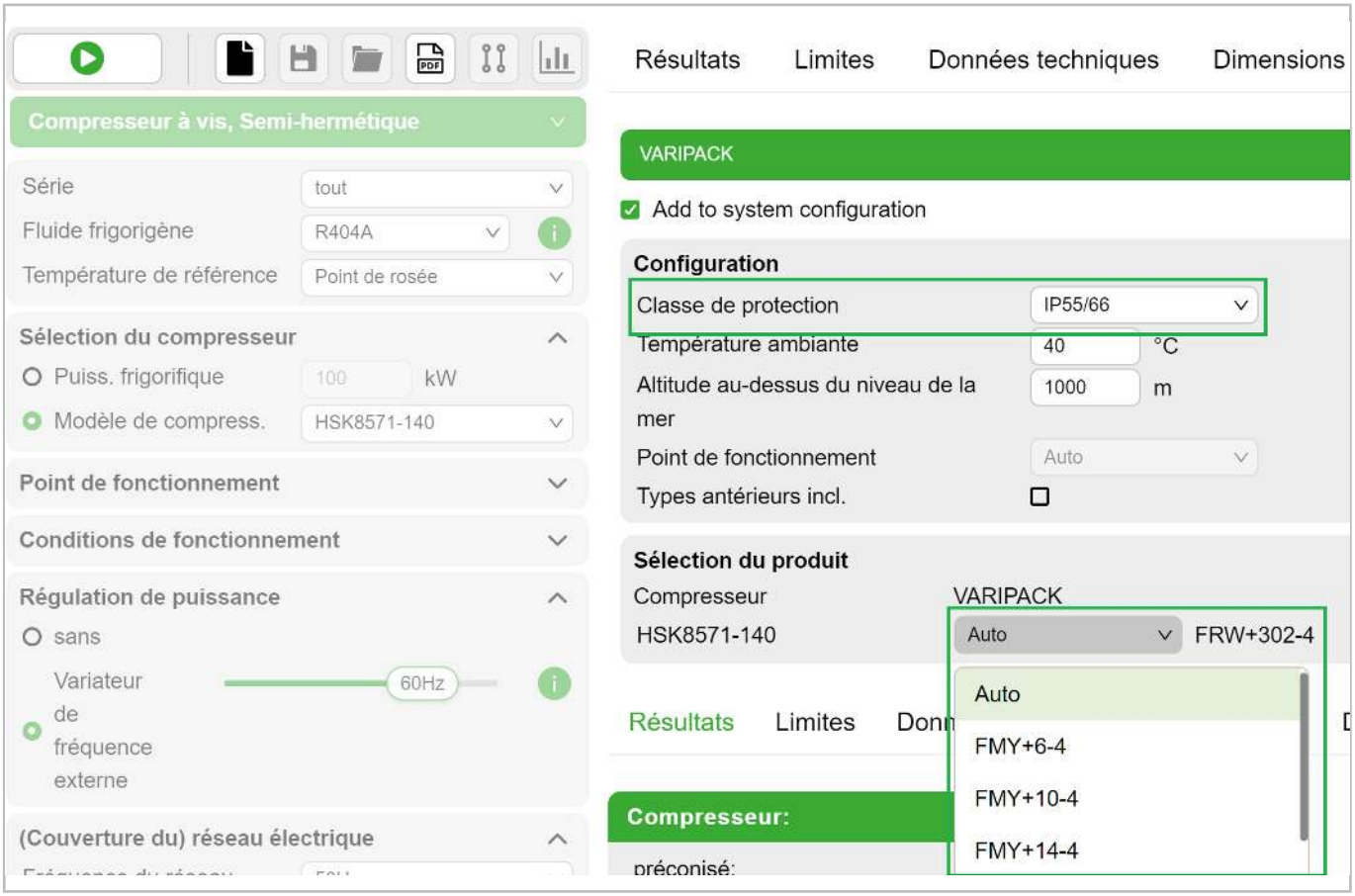


Fig. 10: Menu pour la sélection du convertisseur de fréquences VARIPACK dans le module supplémentaire de BITZER SOFTWARE.

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. S'applique aux compresseurs à vis : F_S = 1,2. 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.

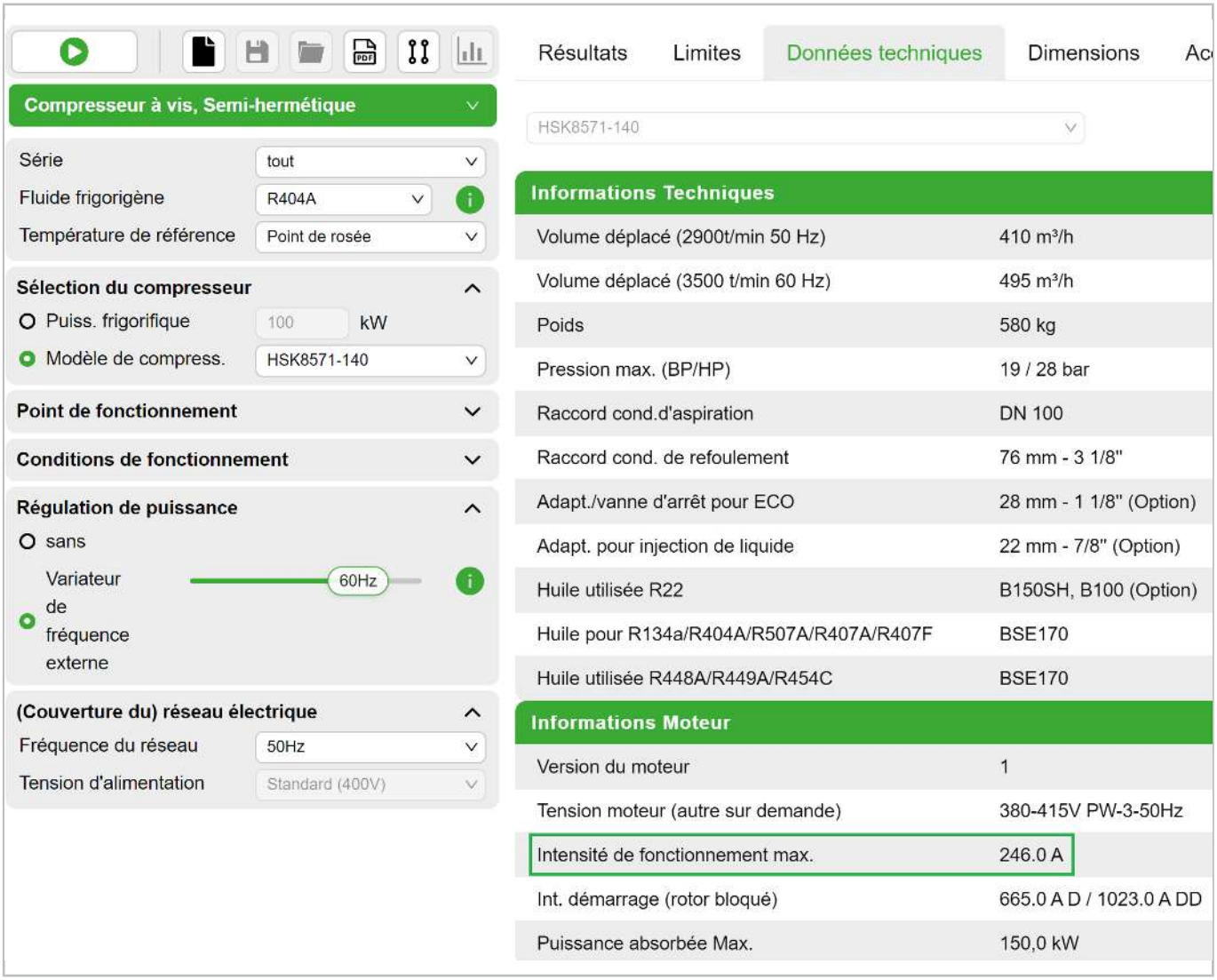


Fig. 11: En multipliant le « Intensité de fonctionnement max. » indiqué dans BITZER SOFTWARE (ici : 246 A) par le facteur spécifique au compresseur (pour un compresseur à vis : F_S = 1,2), on obtient la capacité de surcharge à court terme nécessaire du convertisseur de fréquences. Pour les convertisseur de fréquences BITZER VARIPACK, cela est déjà pris en compte lors de la conception.

4.2 Moteurs du compresseur

Le convertisseur de fréquences (CF) 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 (Fig. ci-dessous, *voir figure 12, page 79*). C'est pourquoi le moteur doit disposer d'une réserve suffisante (courant/puissance) à la fréquence de réseau. La fréquence/vitesse peut être élevée 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).

Afin d'assurer un fonctionnement sûr au-dessus de la fréquence du réseau avec une réfrigération à moyenne température, un compresseur avec un moteur plus grand peut être nécessaire (par ex. HSK vs. HSN).

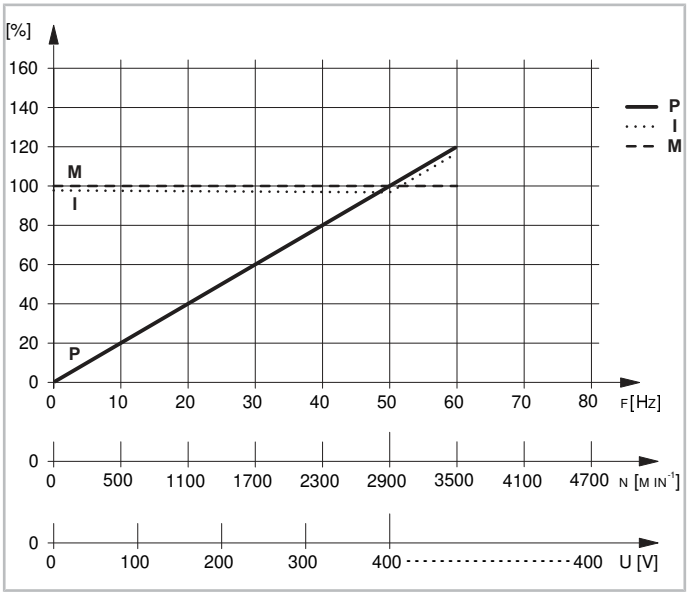


Fig. 12: Caractéristique de fonctionnement du moteur d'un compresseur en fonctionnement avec convertisseur de fréquences (400 V/3/50 Hz) avec réserve.

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. Ils sont particulièrement économiques et peuvent être utilisés dans une large gamme:

Compresseur à vis BITZER	Moteur	Tension d'alimentation
HS.53 .. 85 CS.65 .. 85	40P (moteur à bobinage partiel)	400 V à 50 Hz 460 V à 60 Hz
HS.95 CS.95 .. 105	40D (moteur à étoile-triangle)	400 V à 50 Hz 460 V à 60 Hz

Tab. 2: Moteurs standard pour le fonctionnement avec un convertisseur de fréquences externe

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

- 25P : 230 V/3/50 Hz (+73% courant du compresseur) au moment de force maximal – tenir compte de la vitesse de rotation maximale du compresseur ! (Fig. ci-dessus, courbe ③)

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.

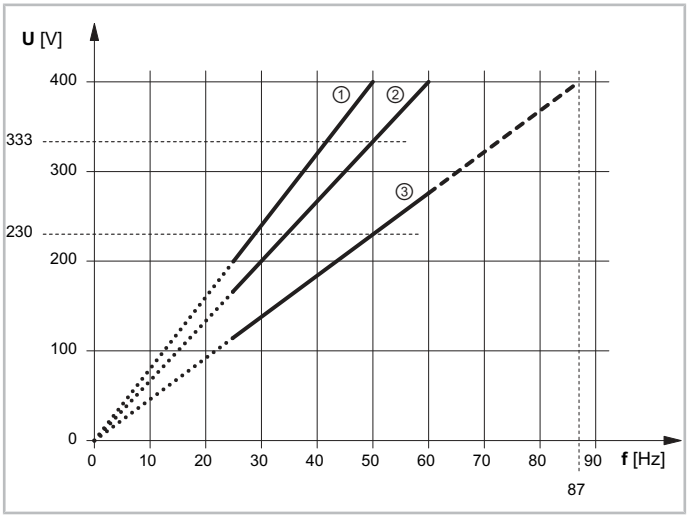


Fig. 13: Augmentation de la tension en fonction de l'augmentation de la fréquence pour différents moteurs à l'exemple de compresseurs à vis CS.
① : 400 V/3/50 Hz
② : 400 V/3/60 Hz
③ : 230 V/3/50 Hz

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. Les moteurs standard des compresseurs ouverts peuvent ne pas convenir au fonctionnement avec des convertisseurs de fréquence – la hauteur de l'arbre, par exemple, est critique : 225 mm.

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.

Relais d'ordre des phases

Un mauvais ordre des phases/sens de rotation n'est pas autorisé pour les compresseurs à vis et les endommage. C'est pourquoi un contrôle du sens de rotation est nécessaire. Cependant, la plupart des dispositifs disponibles ne peuvent pas détecter la tension de sortie d'un convertisseur de fréquences et donc le champ tournant. En cas de besoin, consulter BITZER.

4.4 Bobines pour le régulateur de puissance

Pour la configuration d'un compresseur de type HS.64 .. 74 et OS.74, les bobines pour le régulateur de puissance (comprises dans la livraison standard) ne sont pas nécessaires : dans ce cas, les pistons de commande servent pour le démarrage à vide et conviennent au fonctionnement avec convertisseur de fréquences.

Tous les autres compresseurs (c.-à-d. ceux avec régulation par tiroir ainsi que HS.53) nécessitent des bobines, même en cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences, pour le démarrage à vide et le démarrage (*Séquences de démarrage et d'arrêt recommandées*).

5 Dispositifs de protection appropriés

Pour les compresseurs à vis en fonctionnement avec convertisseur de fréquences, les dispositifs suivants sont à prendre en considération :

- Dispositif de protection SE-E5, pour plus de détails:
  - *CT-120* : Dispositifs de protection pour compresseurs BITZER
- Dispositif de protection SE-i1, pour plus de détails:
  - *CT-110* : Information technique Dispositif de contrôle et de protection SE-i1
- Module du compresseur CM-SW-01, pour plus de détails:
  - *ST-150* : Module de compresseur CM-SW-01 pour les compresseurs à vis

Le dispositif disponible pour chaque compresseur est indiqué lors de la conception dans le BITZER SOFTWARE.

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 avec la 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
- Pour les schémas de principe de différents compresseurs avec convertisseurs de fréquences:
  - *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 0,5 .. 1 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 !

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

DANGER
Tensions très dangereuses à l'intérieur du corps du convertisseur de fréquences !
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 10 minutes jusqu'à ce que tous les condensateurs soient déchargés !
Avant la remise en marche, fermer le corps du 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

HS.85 .. 95 / CS.85 .. 95

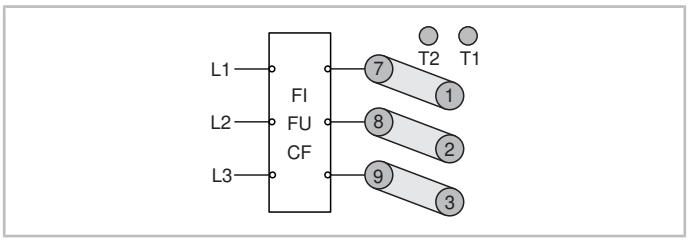


Fig. 14: Raccords du moteur sur la plaque à bornes en cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences (CF) pour les compresseurs à vis
HS.85 / CS.85 : Moteur à bobinage partiel en démarrage direct
HS.95 / CS.95 : Moteur à étoile-triangle en connexion en triangle

HS.64 .. 74 / CS.75

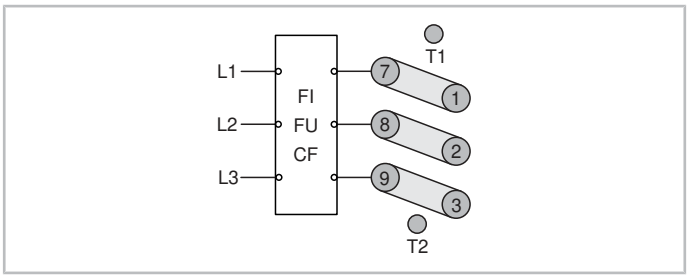


Fig. 15: Raccords du moteur sur la plaque à bornes en cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences (CF) pour les compresseurs à vis HS.64 .. 74 et CS.75, moteur à bobinage partiel en démarrage direct

HS.53 / CS.65

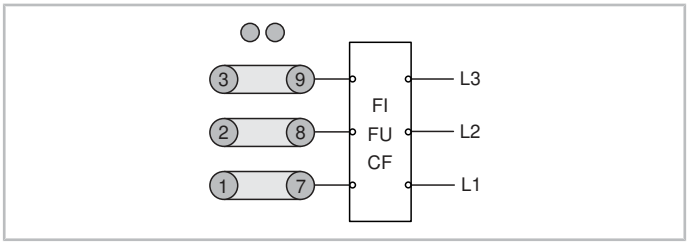


Fig. 16: Raccords du moteur sur la plaque à bornes en cas de fonctionnement avec convertisseur de fréquences (CF) pour les compresseurs à vis HS.53 et CS.65, moteur à bobinage partiel en démarrage direct

Les compresseurs à visBITZER de type OS. 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 !

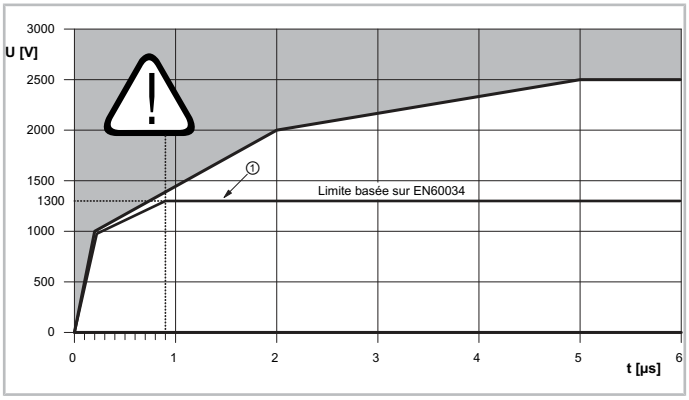


Fig. 17: Limites de l'augmentation de tension sur les bornes du moteur. Sur fond blanc : zone autorisée.

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.

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

DANGER
Tensions très dangereuses à l'intérieur du corps du convertisseur de fréquences !
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 10 minutes jusqu'à ce que tous les condensateurs soient déchargés !
Avant la remise en marche, fermer 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 de compresseur !
N'utiliser le compresseur que dans le sens de rotation prescrit !

Quelques exemples de séquences de démarrage et d'arrêt sont montrés ci-après. Elles permettent, entre autres, un démarrage en douceur, tout en assurant assez rapidement une alimentation suffisante en huile du compresseur.

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

Hormis les exceptions énoncées ci-dessous, les dispositions suivantes s'appliquent :

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.

Si le compresseur fonctionne avec le module CM-SW-01 et le mode « Variateur de fréquence », le module contrôle la régulation de puissance mécanique et la vanne magnétique d'huile.

Compresseurs CS.65 .. 95

Séquence de démarrage :

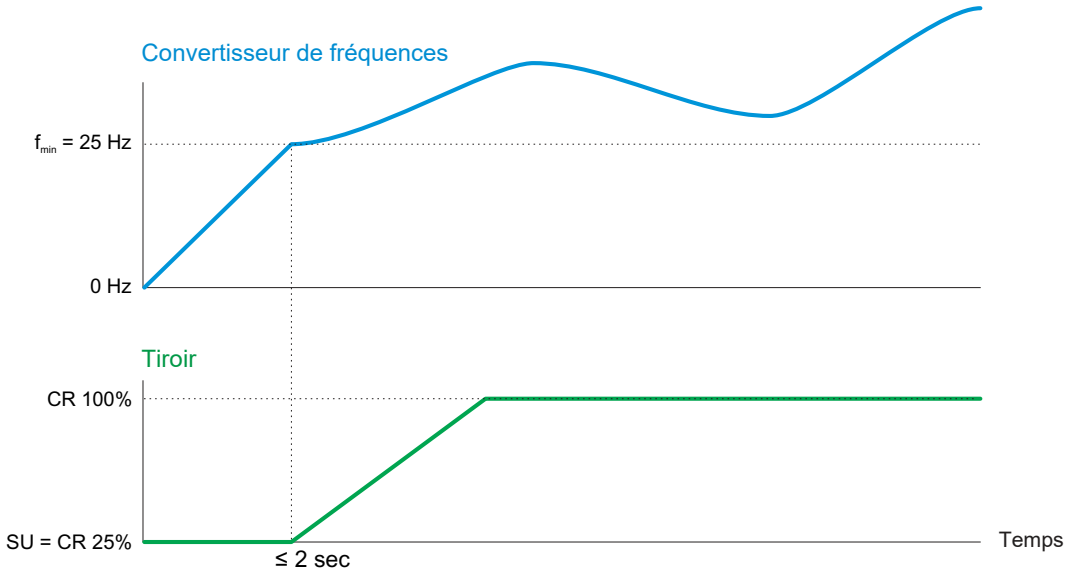
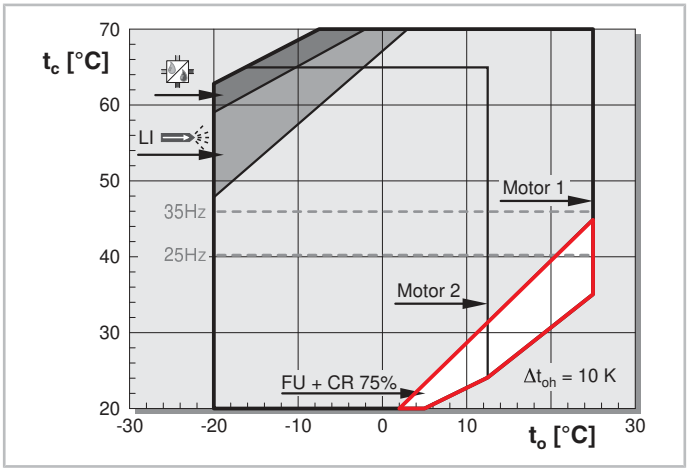


Fig. 18: Séquence de démarrage recommandée pour les compresseurs CS.65 .. 95 avec convertisseur de fréquences (CF). Démarrer le tiroir CR à vide, porter le CF en 2 sec max. à la vitesse de rotation minimale de 25 Hz, activer ensuite les vannes magnétiques CR jusqu'à 100% (voir les Instructions de service *SB-170* ; pour le démarrage/l'arrêt, seule la vanne CR3 est sous tension ; en cas de fonctionnement avec CF, CR4 peut être sous tension en permanence et non de façon intermittente). Ensuite, le compresseur devrait se situer dans les limites d'application en 2 min. max.

Pour des conditions de fonctionnement spéciales à des températures d'évaporation et de condensation élevées, le convertisseur de fréquences peut être combiné avec CR 75%. Dans le diagramme des limites d'application ci-dessous, cela correspond à la zone blanche en bas à droite (pour les limites, voir aussi *voir figure 6, page 72*) :



Séquence d'arrêt :

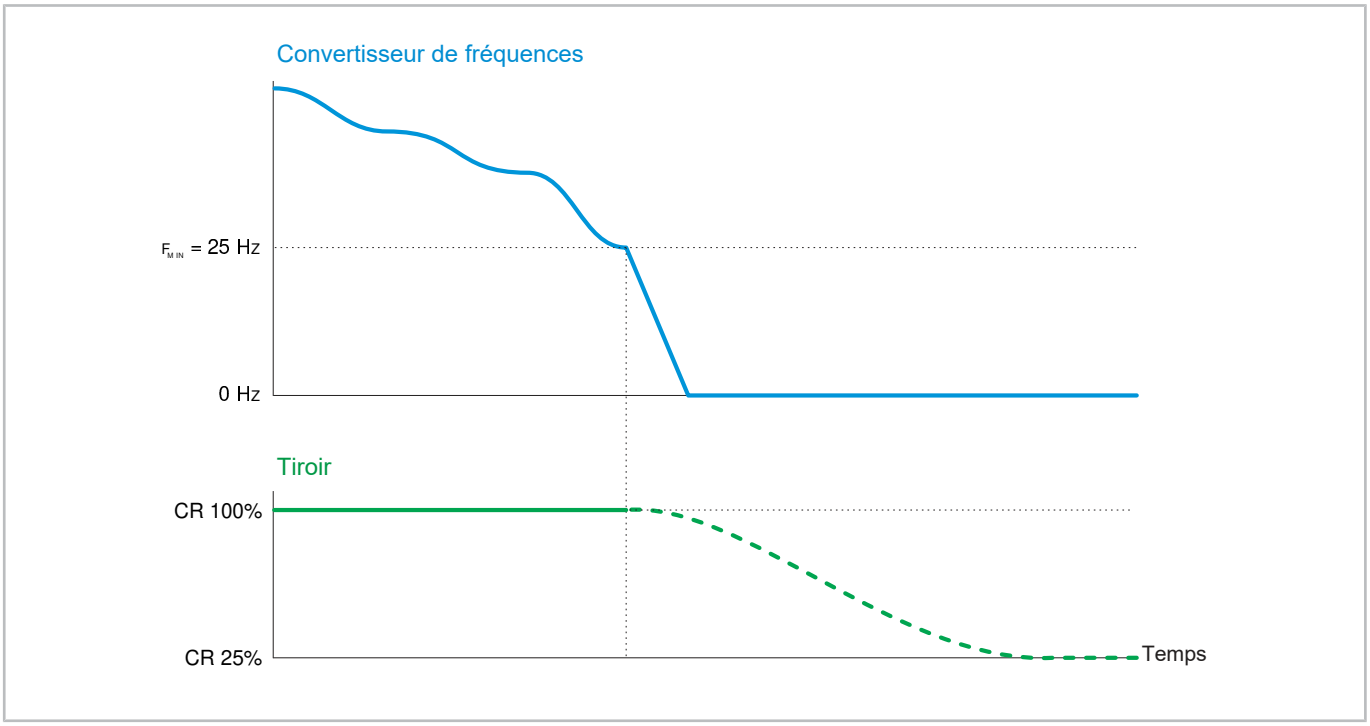


Fig. 19: Séquence d'arrêt recommandée pour les compresseurs CS.65 .. 95 avec convertisseur de fréquences (CF). Après la mise hors circuit du CF, le tiroir CR retourne en l'espace d'env. 5 min de manière passive à 25%, la vanne CR3 reste sous tension (voir les instructions de service *SB-170*).

Compresseurs CS.105 et HS.95 avec module CM-SW-01

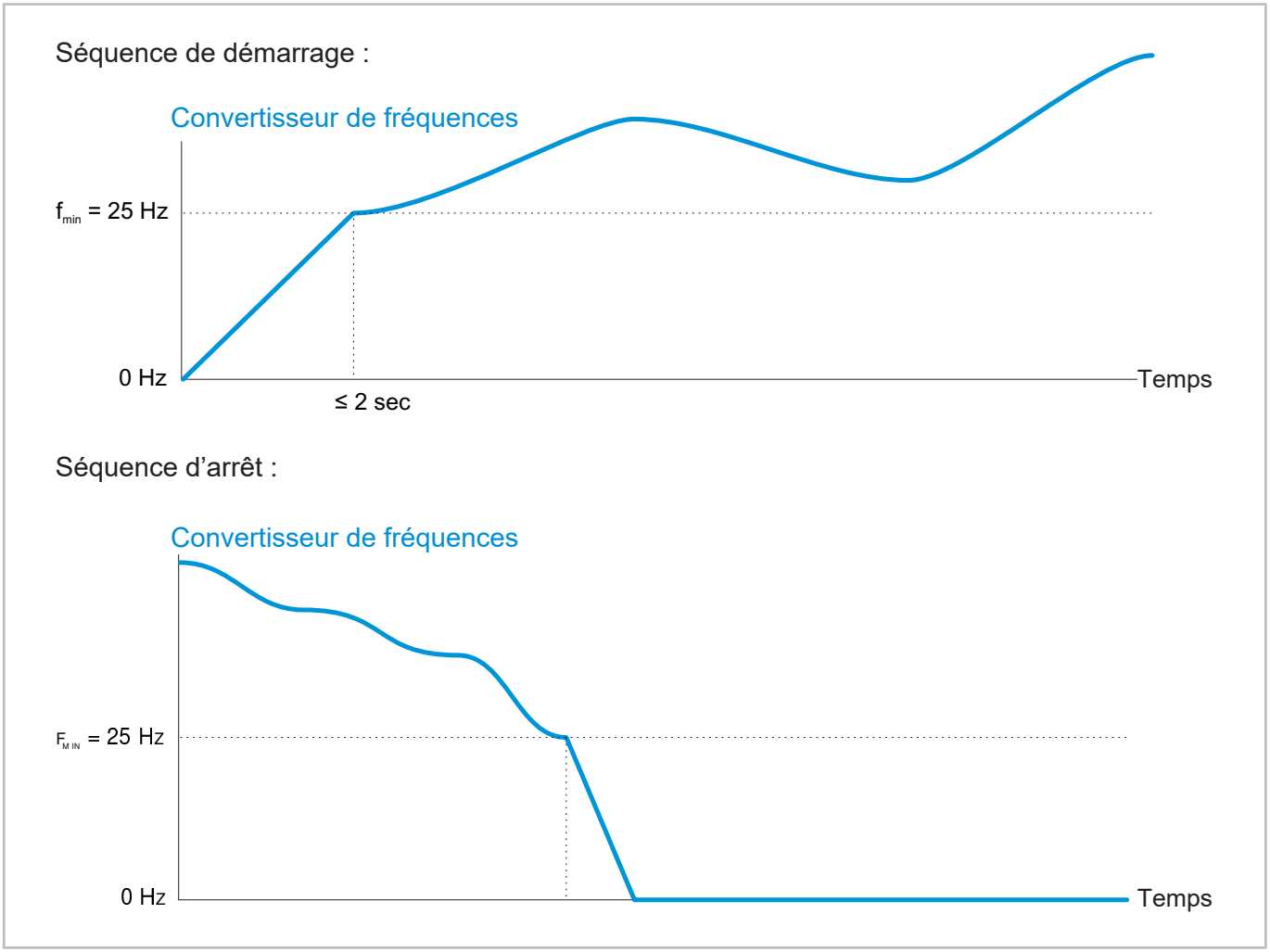


Fig. 20: Séquence de démarrage et d'arrêt recommandée pour les compresseurs CS.105 et HS.95 avec convertisseur de fréquences (CF) et module du compresseur CM-SW-01 en mode « Variateur de fréquences ». Le module s'occupe de la gestion d'huile et pilote également les vannes magnétiques CR pour la régulation de puissance (voir les Instructions de service *SB-170* pour CS.105 et *SB-110* pour HS.95).

La combinaison de la régulation de puissance mécanique avec la régulation de vitesse n'est pas approuvée pour les compresseurs CS. et HS. avec CM-SW-01. Après le démarrage du compresseur, les tiroirs se déplacent automatiquement vers la position de pleine charge. Après l'arrêt du compresseur, ils ne sont pas activement déchargées. Cela permet un nouveau démarrage plus rapide car le contrôle de capacité avec convertisseur de fréquences peut commencer directement – sans risque accru que le compresseur n'atteigne pas ses limites d'application à temps.

Compresseurs HS.53 .. 74 et OS.53 .. 74

Séquence de démarrage :

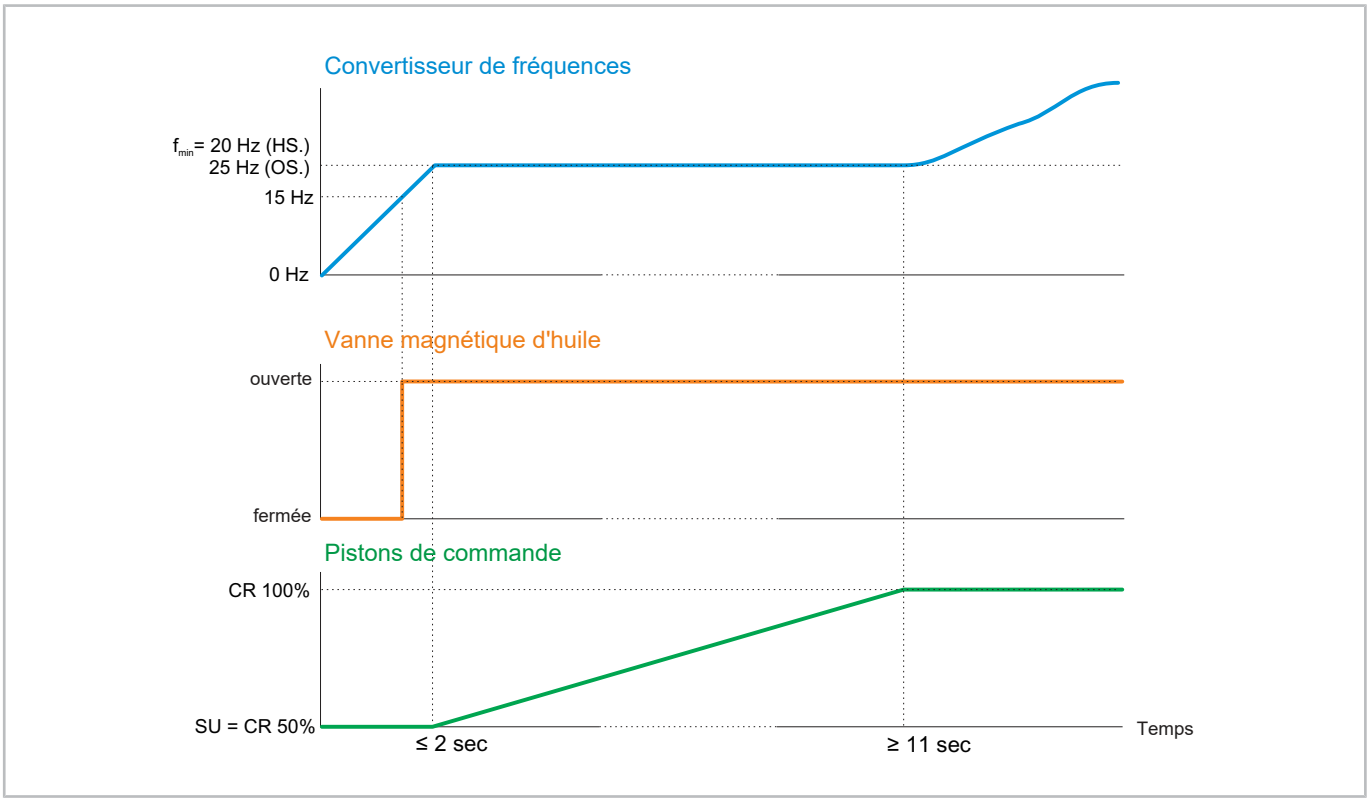


Fig. 21: Séquence de démarrage recommandée pour les compresseurs OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 avec convertisseur de fréquences (CF). Démarrer les pistons de commande à vide, ouvrir l'électrovanne d'huile dès que le CF atteint 15 Hz. Une fois la vitesse minimale (20 Hz pour HS., 25 Hz pour OS.) atteinte, régler les pistons de commande sur 100% (voir les instructions de service *SB-100* pour HS. ou *SB-500* pour OS.).

Séquence d'arrêt :

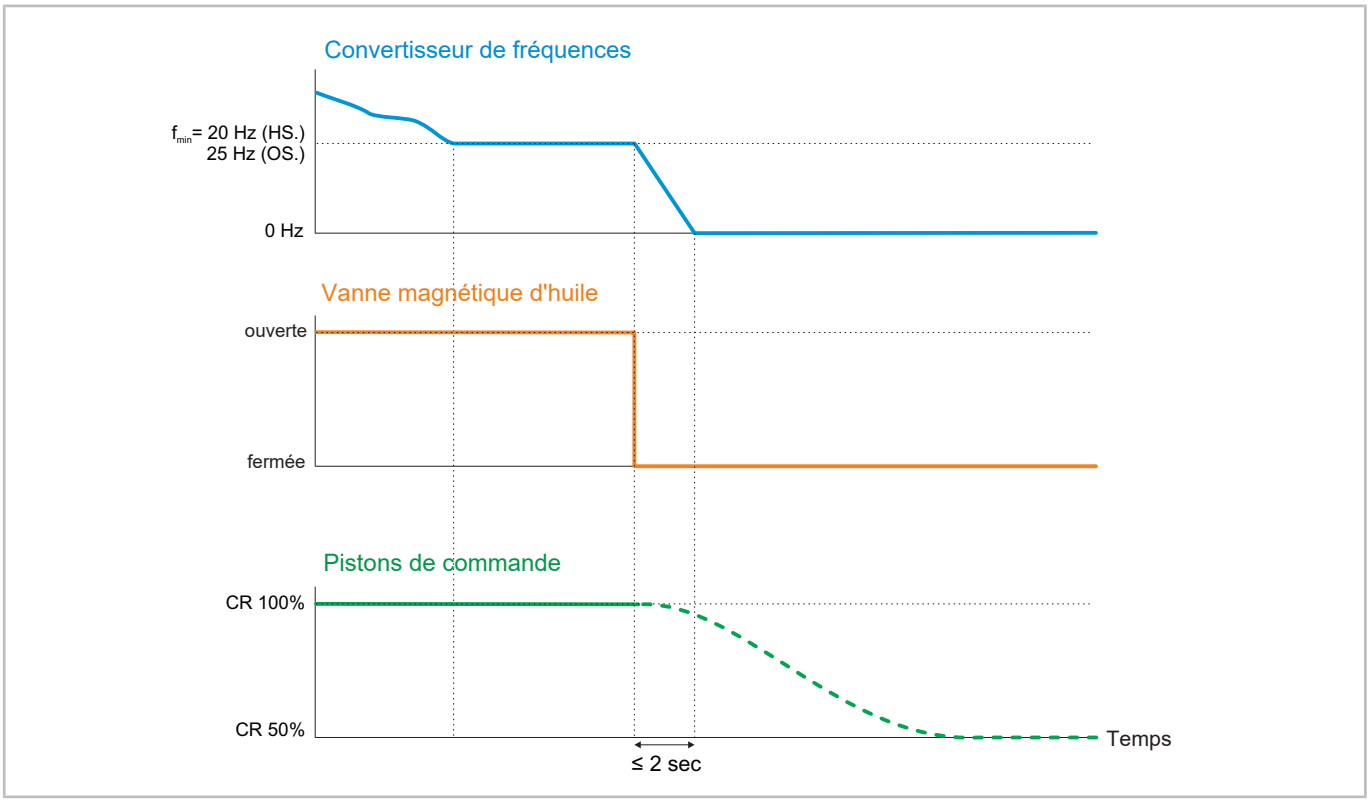


Fig. 22: Séquence d'arrêt recommandée pour les compresseurs OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 avec convertisseur de fréquences (CF). Après la mise hors circuit du CF, les pistons de commande retournent de manière passive à 50%.

Compresseurs HS.85 et OS.85 (sans module CM-SW-01)

Séquence de démarrage :

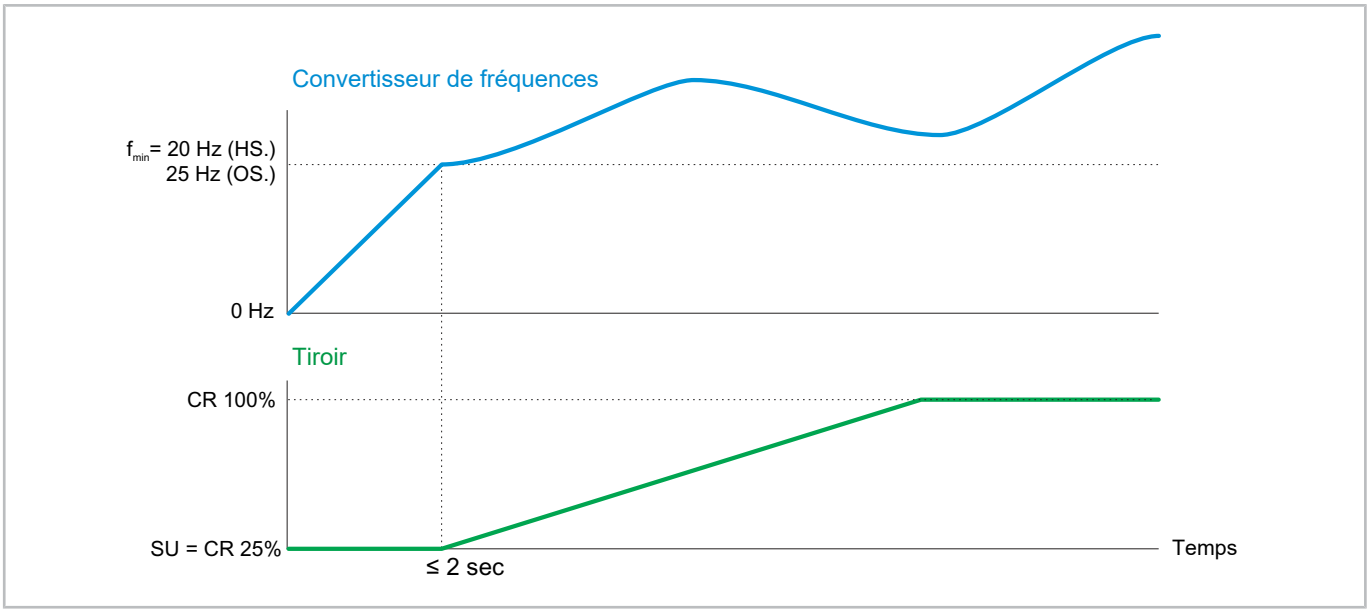


Fig. 23: Séquence de démarrage recommandée pour les compresseurs HS.85 et OS.85 avec convertisseur de fréquences (CF). Démarrer le tiroir CR à vide. Une fois la vitesse minimale (20 Hz pour HS., 25 Hz pour OS.) atteinte, régler les vannes magnétiques sur 100%, comme décrit dans les Instruction de service *SB-110* ou *SB-520* (CR4 ou Y4 de façon intermittente). Vu qu'un système de gestion d'huile est intégré dans les compresseurs, il n'est pas nécessaire de prévoir une fonction de commande pour l'électrovanne d'huile.

Séquence d'arrêt :

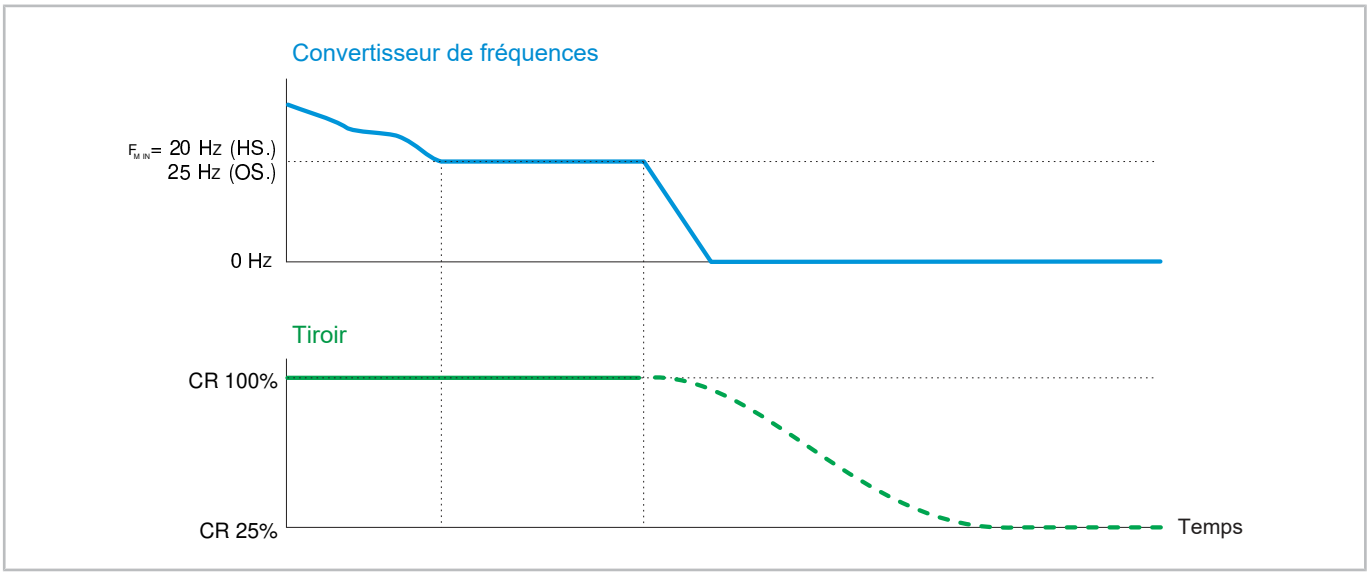


Fig. 24: Séquence d'arrêt recommandée pour les compresseurs HS.85 et OS.85 avec convertisseur de fréquences (CF). Après la mise hors circuit du CF, le tiroir CF retourne de manière passive à 25%.

Compresseurs OS.A85 .. 105 avec module CM-SW-01

Contrairement aux compresseurs hermétiques accessibles, le moteur de compresseurs OS. est souvent spécifique à l'application et conçu pour une puissance plus limitée, par ex. pour des applications de réfrigération à basses températures. Pour cette raison, la réserve peut être insuffisante pour résister aux « conditions Pull-Down » pendant la phase de refroidissement. Il peut donc être nécessaire de réduire la puissance du compresseur par le tiroir jusqu'à ce que les conditions de fonctionnement nominales soient atteintes pour éviter une surcharge du moteur. Étant donné que le refroidissement du moteur ne dépend pas du flux massique de fluide frigorigène pour les compresseurs OS., la régulation de puissance par tiroir peut être combinée avec la régulation de vitesse pour démarrer le système – le niveau minimal de puissance est cependant limitée à 50%.

Séquence de démarrage :

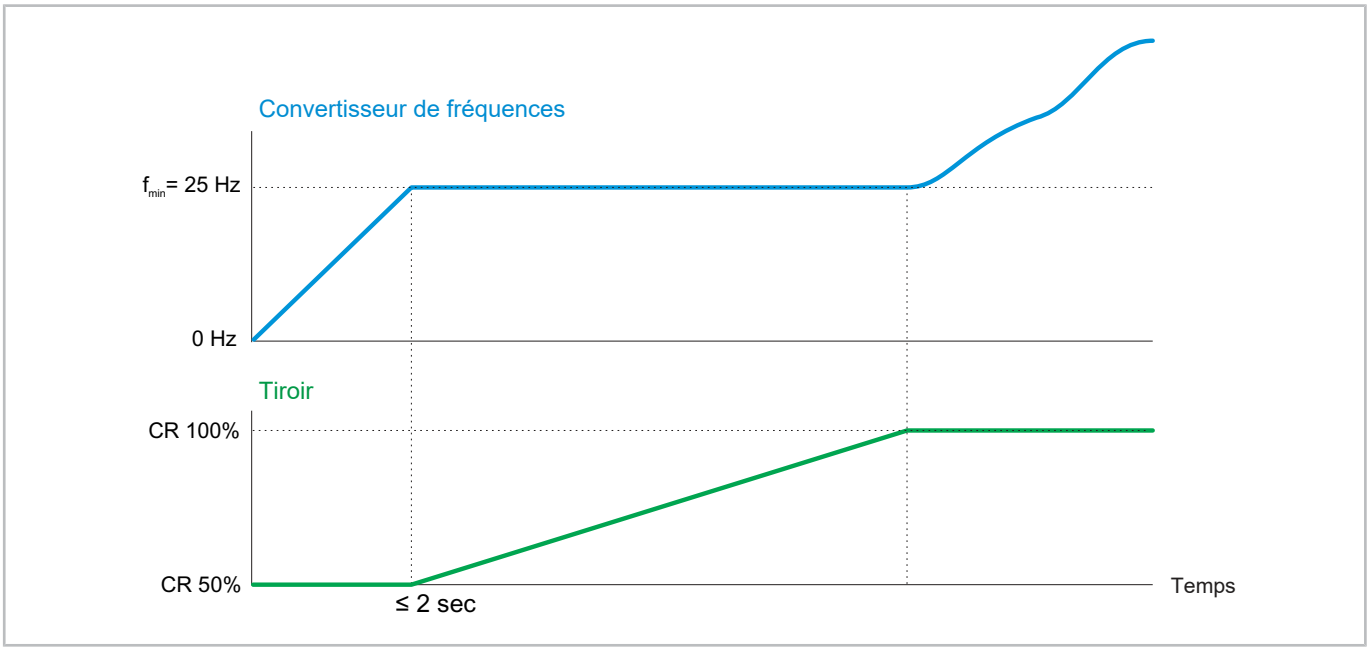


Fig. 25: Séquence de démarrage recommandée pour les compresseurs OS.A85 ..105 avec convertisseur de fréquences (CF) et module du compresseur CM-SW-01. Le module s'occupe de la gestion d'huile et pilote également les vannes magnétiques CR pour la régulation de puis-

sance (voir les Instructions de service *SB-520*). En mode « Variateur de fréquences », le module est préconfiguré de sorte que, pour le démarrage à vide, le tiroir ne soit pas réglé sur 25%, mais au moins sur 50% (50 .. ..100% peuvent être sélectionnés).

Séquence d'arrêt :

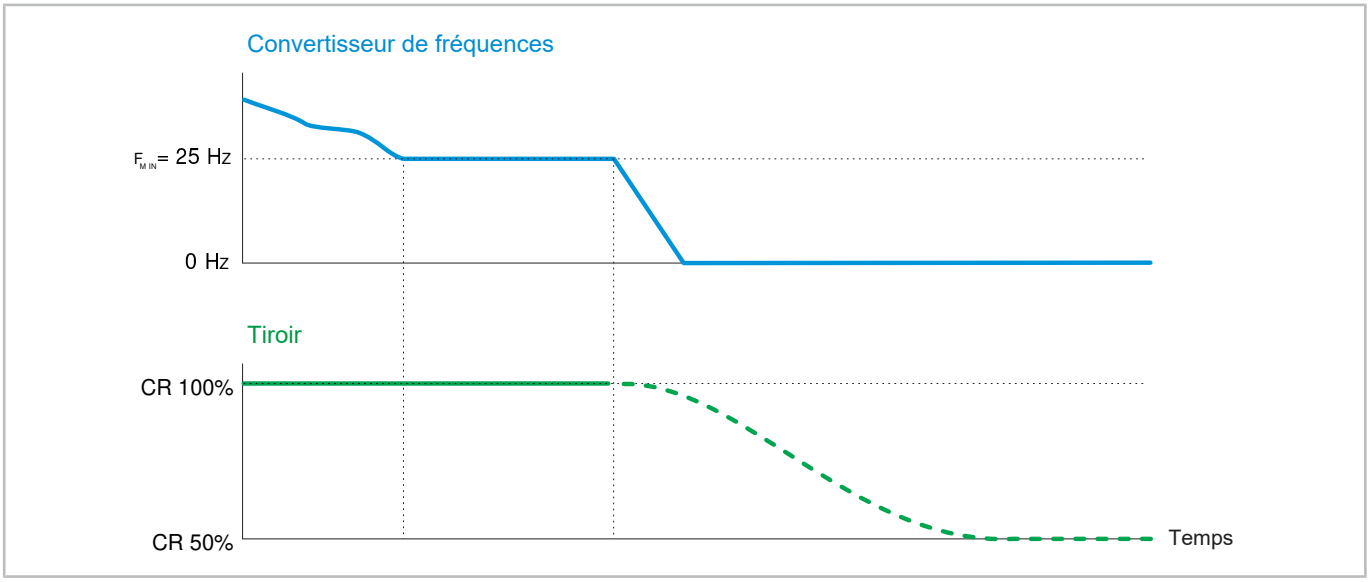


Fig. 26: Séquence d'arrêt recommandée pour les compresseurs OS.A85 ..105 avec convertisseur de fréquences (CF) et module du compresseur CM-SW-01. Le module s'occupe de la gestion d'huile et pilote également les vannes magnétiques CR pour la régulation de puissance (voir les Instructions de service *SB-520*). En mode « Variateur de fréquences », le module est préconfiguré de sorte que, pour le démarrage à vide, le tiroir ne soit pas réglé sur 25%, mais au moins sur 50% (50 .. ..100% peuvent être sélectionnés).

Séquences de démarrage et d'arrêt en mode économiseur

Les séquences représentées ci-dessus sont également valables en mode économiseur, mais il faut tenir compte des limites d'application changées (voir BITZER SOFTWARE). L'économiseur peut être démarré dès que les conditions de fonctionnement sont stables et il est mis hors circuit en même temps que le convertisseur de fréquences.

OS.A95 et OS.A105: Amortisseurs de pulsations en fonctionnement ECO

Pour les compresseurs OS.A95 et OS.A105 en fonctionnement ECO, un amortisseur de pulsations dans la conduite ECO est recommandé ou nécessaire. Deux options sont disponibles :

- un système d'amortissement composé d'un amortisseur, d'un clapet de non-retour et d'une vanne de régulation (un exemplaire est nécessaire pour OS.A95, deux exemplaires pour OS.A105)

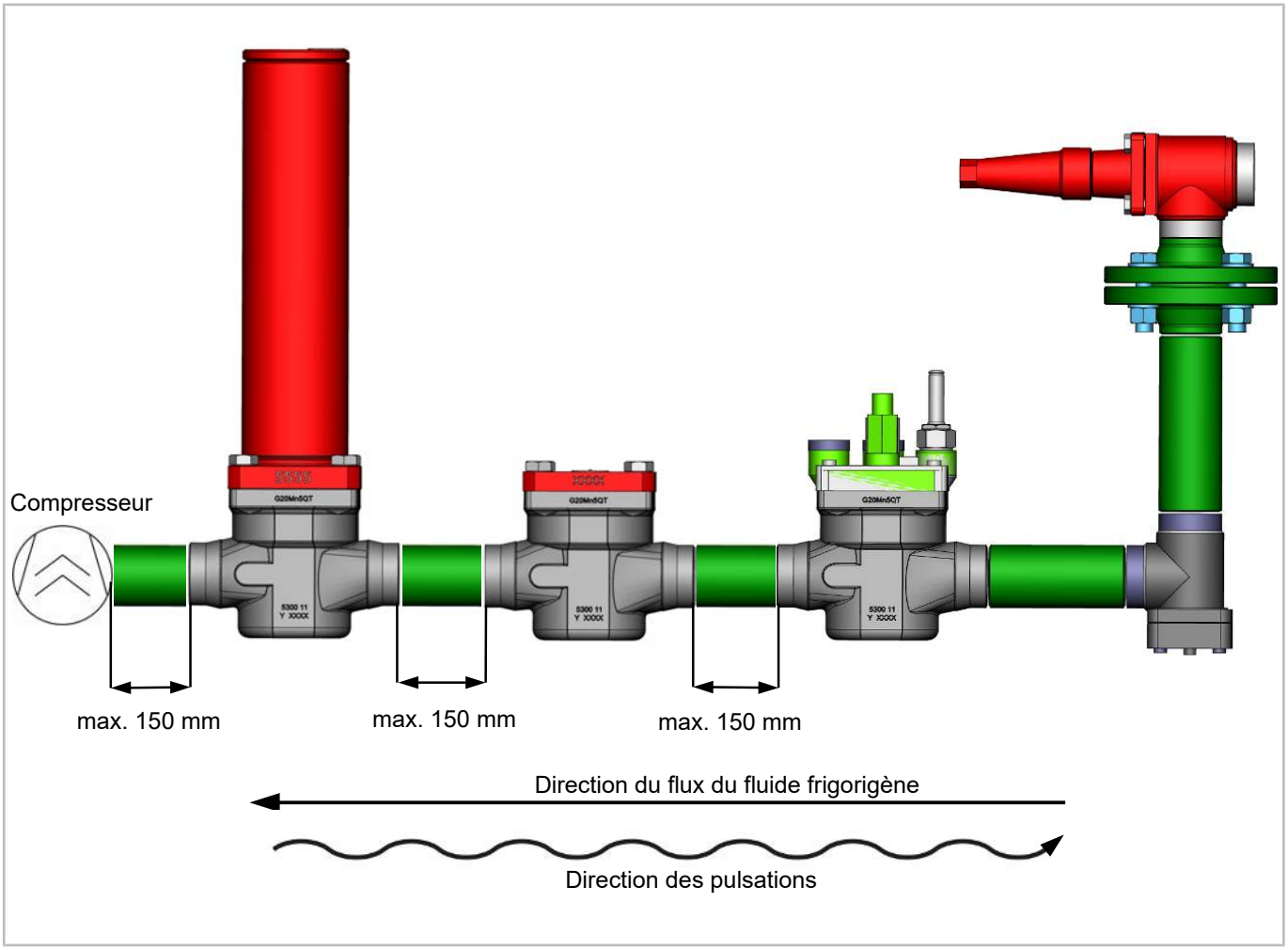


Fig. 27: Système d'amortissement composé d'un amortisseur, d'un clapet de non-retour et d'une vanne de régulation

- un simple amortisseur de pulsations de la désignation SD42 (no. pièce EPARTS: 354 004 05)

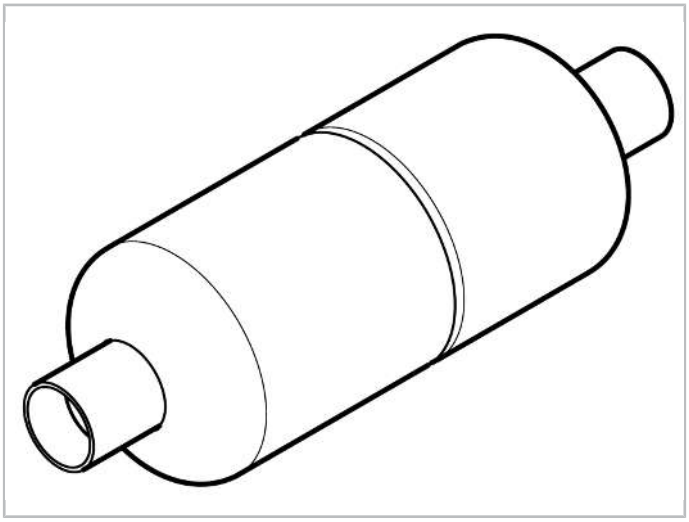


Fig. 28: Simple amortisseur de pulsations SD42 dans le raccordement ECO, no. pièce 354 004 05

Pour le fonctionnement à des températures de condensation > 40°C et/ou à des températures d'évaporation > 10°C, il faut utiliser le système d'amortissement. Dans les autres zones, BITZER recommande l'amortisseur de pulsations SD42. Pour plus de détails, voir la figure et le tableau suivants.

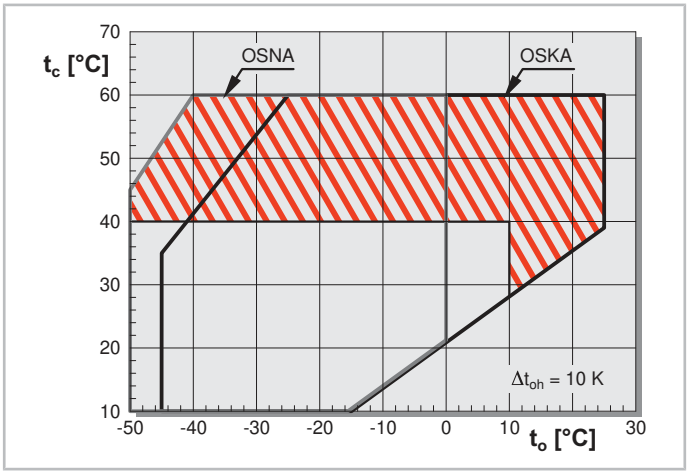


Fig. 29: Limite d'application du compresseur à vis OS.A95 et OS.A105 en fonctionnement ECO. Dans la zone hachurée, le système d'amortissement ECO est obligatoire.

Zone du fonctionnement prévu	Amortisseurs de pulsations	Possibilité de régulation de la puissance
Fonctionnement dans la zone hachurée de la limite d'application (t_c > 40°C et/ou t_o > 10°C)	Le système d'amortissement ECO est obligatoire.	• Tiroir 80% .. 100% et fréquence fixe 50/60 Hz • ou tiroir 100% et fréquence variable 25 .. 67 Hz
Fonctionnement en dehors de la zone hachurée de la limite d'application (t_c < 40°C et t_o < 10°C)	En option : système d'amortissement ECO	• Tiroir 80% .. 100% et fréquence fixe 50/60 Hz • ou tiroir 100% et fréquence variable 25 .. 67 Hz
	En option : simple amortisseur de pulsations SD42 dans le raccordement ECO	• Tiroir 80% .. 100% et fréquence fixe 50/60 Hz

Tab. 3: Compresseurs OS.A95 et OS.A105 en fonctionnement ECO: amortisseurs de pulsations recommandés et combinaison avec la régulation de puissance

Voir aussi:

- *ST-430* : Régulation de puissance des compresseurs à vis BITZER
- *ST-610* : Fonctionnement économiseur pour les compresseurs à vis

Démarrage et arrêt des compresseurs en centrale frigorifique

- Si **un** compresseur fonctionne avec un convertisseur de fréquence : Démarrage comme ci-dessus, puis mettez en marche le compresseur sans convertisseur de fréquence normalement dès qu'il y a une demande. Pour l'arrêt, arrêtez d'abord le compresseur sans convertisseur de fréquence, puis arrêtez le compresseur avec convertisseur de fréquence comme décrit ci-dessus.
- Centrale frigorifique avec un convertisseur de fréquence sur **chaque** compresseur : Séquences de démarrage et d'arrêt comme décrit ci-dessus. Les compresseurs démarrent l'un après l'autre, en fonction de la régulation de l'ensemble de l'installation.

7.3 Fréquence de commutation et durées de marche minimales

Contrairement au démarrage direct, le démarrage avec un convertisseur de fréquence n'entraîne pas de charge thermique accrue sur le moteur. Cela permet un plus grand nombre de démarrages de compresseurs : Indépendamment du compresseur ou du moteur, **jusqu'à 12 démarrages par h** sont possibles. (Avec d'autres méthode de démarrage, max. 4 ... 8 démarrages par h sont possibles, voir les instructions de service).

La durée de marche minimale des compresseurs doit être de **5 min**, indépendamment de la méthode de démarrage. Des cycles de fonctionnement uniques plus courts sont possibles, mais des cycles de fonctionnement répétés plus courts doivent être évité afin d'éviter le manque d'huile du compresseur.

En cas de fonctionnement avec un convertisseur de fréquence, le tiroir CR ne doit pas être complètement déchargé avant le démarrage, ce qui permet de réduire considérablement le temps de pause minimal. Cependant, il faut au moins s'assurer que le compresseur est à l'arrêt et ne tourne plus en sens inverse.

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.

Содержание

1 Введение ... 98

2 Безопасность ... 100

3 Работа с преобразователем частоты ... 101

3.1 Холодопроизводительность и эффективность системы ... 101

3.2 Диапазон применения ... 102

4 Подбор ... 106

4.1 Подбор с помощью BITZER SOFTWARE ... 106

4.2 Моторы компрессоров ... 110

4.3 Необходимо соблюдать для открытых компрессоров ... 112

4.4 Катушки регулятора производительности ... 113

5 Подходящие устройства защиты ... 113

6 Электрический монтаж компрессора и преобразователя частоты ... 113

6.1 Эл. подключение ... 114

6.2 Клеммы мотора на клеммной колодке ... 114

6.3 Импульсы напряжения на клеммах мотора ... 116

6.4 Цепь защит ... 117

6.5 Коррекция коэффициента мощности ... 117

6.6 Автоматы защитного отключения ... 117

7 Ввод в эксплуатацию ... 117

7.1 Конфигурация преобразователя частоты ... 117

7.2 Рекомендуемые последовательности пуска и останова ... 119

7.3 Частота циклов и минимальное время работы ... 129

7.4 Расширительные клапаны с электронным управлением и преобразователи частоты ... 129

1 Введение

Преобразователь частоты позволяет бесступенчато регулировать холодопроизводительность в соответствии с потребностью системы в охлаждении посредством регулирования скорости. Следующие рекомендации объясняют конструкцию, работу, область применения и особые характеристики

- Винтовые компрессоры BITZER
- в комбинации с внешними преобразователями частоты для регулирования скорости, например с BITZER VARIPACK.

Все винтовые компрессоры BITZER подходят для работы выше и ниже частоты электросети и, таким образом, могут работать в исключительно широком диапазоне производительности.

Особенности работы с преобразователем частоты (FI):

- более высокая эффективность системы, особенно при частичной нагрузке
- возможен более точный контроль температуры
- точная температура хладоносителя для чувствительного технологического охлаждения, соотв. температура теплоносителя для тепловых насосов
- более высокая эффективная температура испарения, следовательно, меньшее осушение неупакованных пищевых продуктов и сырья в холодильных камерах, а также меньшее обледенение на испарителе
- меньше пусков компрессора
- меньшая нагрузка на мотор и электросеть благодаря встроенному плавному пуску: пусковой ток ниже, чем при прямом пуске, плавном пуске, звезде-треугольнике или пуске с разделенными обмотками
- более высокая холодопроизводительность часто возможна при работе на частотах выше частоты сети (позволяет использовать компрессор с меньшей объемной производительностью при частоте сети 50 или 60 Hz, т.е., возможно, сокращение затрат на kW холодопроизводительности)

На рисунке ниже показаны меньшие колебания температуры при регулировании преобразователем частоты:

- On/Off регулирование, левая треть: значительные колебания температуры, относительно низкая средняя эффективная температура испарения (тонкая пунктирная линия)
- Ступенчатое механическое регулирование, средняя треть: снижение колебаний температуры благодаря более быстрому регулированию, более высокая средняя эффективная температура испарения и, следовательно, более высокая эффективность
- Регулирование с преобразователем частоты, правая треть: стабильная температура в хол. камере и соотв. температура хладоносителя (возможно ± 0,5 K) благодаря бесступенчатому регулированию, более высокая средняя эффективная температура испарения и, следовательно, более высокая эффективность, а также, например, значительно ниже осушение неупакованных пищевых продуктов и сырья

При работе с преобразователем частоты средняя температура испарения может быть повышена, напр. от -7 до -4.5°C. Повышение температуры испарения на 1 K повышает эффективность системы до 3%.

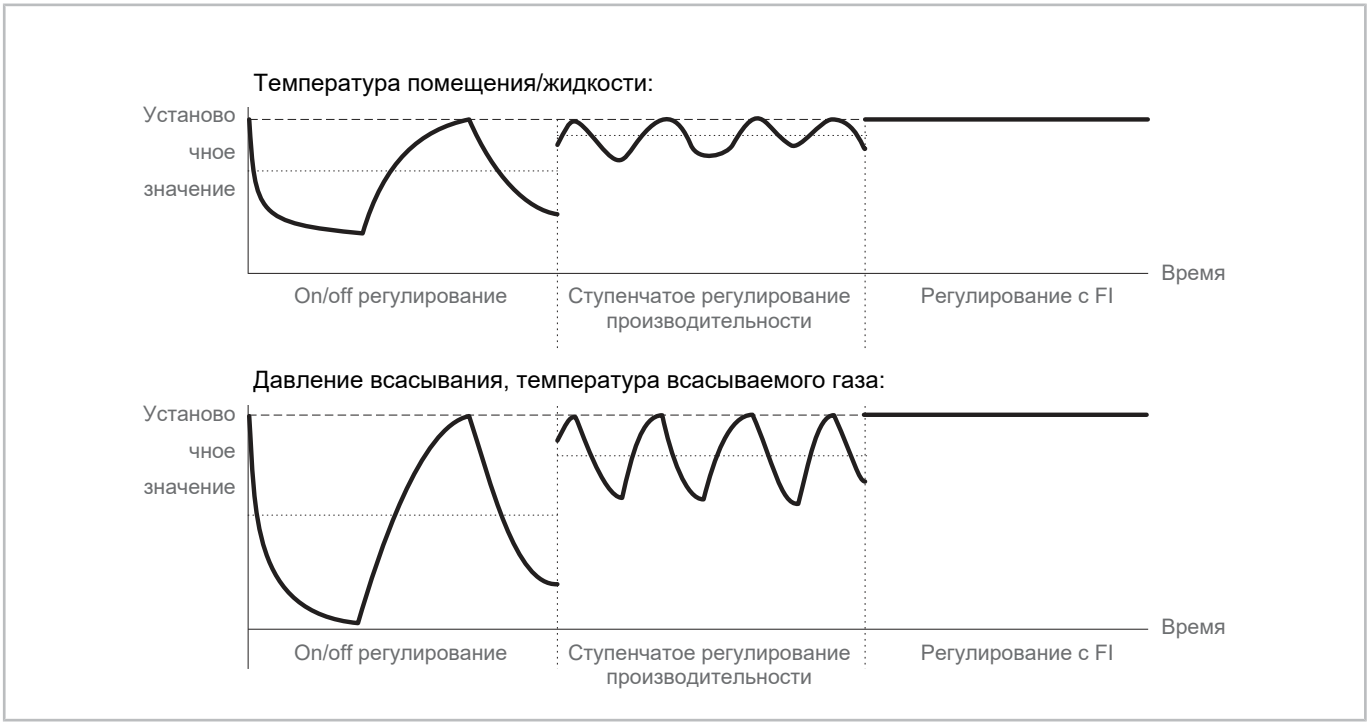


Рис. 1: Регулирование производительности с помощью преобразователя частоты (FI) по сравнению с On/Off и ступенчатым механическим регулированием

Холодопроизводительность как функция нагрузки показана на следующем графике. Преобразователь частоты имеет преимущество, особенно при частичной нагрузке.

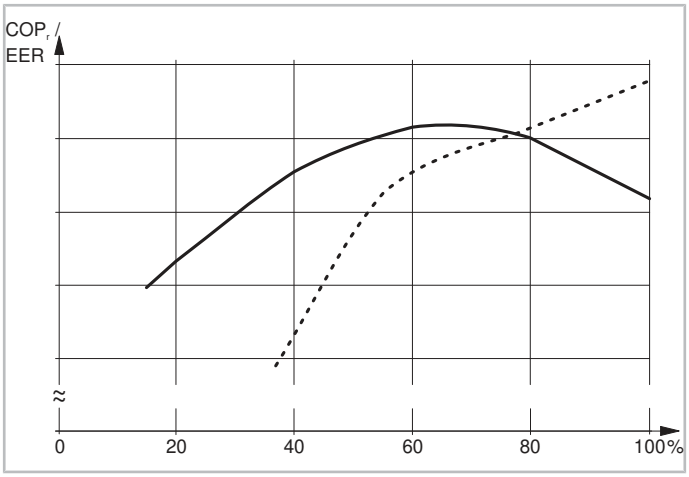


Рис. 2: Сравнение характеристик эффективности регулирования производительности винтовых компрессоров с золотниковым регулированием и с преобразователем частоты (FI): коэффициент производительности COP$_r$/EER (отношение холодопроизводительности к потребляемой мощности) в зависимости от нагрузки.
Пунктирная линия: CSW с золотниковым регулированием, серия компрессоров оптимизирована для полной нагрузки COP$_r$/EER.
Сплошная линия: CSVW с регулированием производительности FI, серия компрессоров оптимизирована для частичной нагрузки COP$_r$/EER (диапазон регулирования: 6.2:1).
Условия эксплуатации: R134a, t_O: 5°C / t_C: 38°C / Δt_{oh}: 5 K.
При золотниковом регулировании оптимальное соотношение COP$_r$/EER всегда составляет 100 %, тогда как при FI оно достигается в диапазоне частичной нагрузки и может регулироваться конструкцией компрессора и диапазоном регулирования. Из-за противоречивых целей высокого COP$_r$/EER при полной нагрузке и высокой эффективности при частичной нагрузке необходим компромисс.

Также соблюдайте следующие технические документы

- *SB-100*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные винтовые компрессоры HS.53 .. 74
- *SB-110*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные винтовые компрессоры HS.85 .. 95
- *SB-170*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные компактные винтовые компрессоры CS.65 .. 105
- *SB-300*: Инструкция по эксплуатации Герметичные компактные винтовые компрессоры VSK
- *SB-500*: Инструкция по эксплуатации Открытые винтовые компрессоры OS.53 .. 74
- *SB-520*: Инструкция по эксплуатации Открытые винтовые компрессоры OS.85, OS.95, OS.105
- *CB-110* и *CB-111*: Инструкция по эксплуатации VARIPACK - внешние преобразователи частоты BITZER

2 Безопасность

Специалисты, допускаемые к работе

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

Остаточная опасность

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

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

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

Средства индивидуальной защиты

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

Рис. 3: Используйте средства индивидуальной защиты!

Указания по технике безопасности

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

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

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

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

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

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

3 Работа с преобразователем частоты

3.1 Холодопроизводительность и эффективность системы

Механическое регулирование производительности

Холодопроизводительность винтового компрессора может механически адаптироваться к запрашиваемой от системы производительности, т.е. золотником или регулирующими поршнями – в многокомпрессорных системах также (дополнительно) включением и выключением отдельных компрессоров. Компрессор работает с постоянной скоростью, скорость мотора напрямую зависит от частоты сети. Это приводит к следующей номинальной скорости для 2-полюсных асинхронных моторов:

- 2900 min^{-1} при 50 Hz и
- 3500 min^{-1} при 60 Hz.

Регулирование производительности с преобразователем частоты

Средний момент на валу компрессора в основном зависит от условий эксплуатации и свойств хладагента. Таким образом, он остается примерно постоянным в широком диапазоне скорости / частоты. Таким образом, холодопроизводительность и потребляемая мощность изменяются примерно пропорционально скорости (см. график ниже), холодопроизводительность может плавно адаптироваться посредством регулирования скорости. Допустимые скорости / частоты для компрессоров BITZER приведены ниже (*Диапазон применения*).

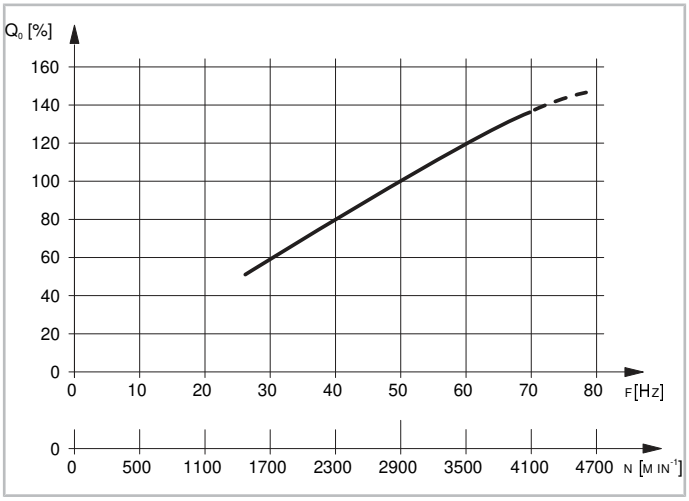


Рис. 4: Типовой график холодопроизводительности Q_0 в зависимости от частоты питания и частоты вращения винтового компрессора

УВЕДОМЛЕНИЕ
Повреждение компрессора и мотора!
Не комбинируйте преобразователь частоты с механическим регулированием производительности компрессора! Особенно при низкой скорости адекватное охлаждение мотора не гарантируется, поскольку массовый расход хладагента сильно снижается. Некоторые исключения для винтовых компрессоров возможны по согласованию с BITZER.

Потребление электроэнергии при полной нагрузке несколько выше, чем при работе компрессора напрямую от сети. Это связано с потерями в преобразователе частоты, вызванными потерями в отдельных электронных компонентах для преобразования энергии и охлаждения преобразователя частоты. Другой причиной нагрева мотора и снижения эффективности мотора являются гармоники: чем выше качество преобразователя частоты и чем лучше он сконфигурирован, тем ниже коэффициент гармонических искажений в выходном сигнале.

В работу инвертора вовлечено несколько переменных, влияющих на работу и запуск компрессора:

- Кривая напряжения ограничивает и регулирует эл. питание мотора,
- частота коммутации преобразователя частоты регулирует производительность и надежность мотора,
- последовательность пуска и коэффициент усиления напряжения контролируют пуск компрессора.

Однако в целом потери, вызванные преобразователем частоты, обычно компенсируются повышением эффективности системы за счет работы в более эффективном цикле за счет согласования производительности компрессора с требуемой нагрузкой системы. Таким образом, применение инвертора обычно повышает общую эффективность системы в «реальных» условиях.

Для того чтобы мотор всегда работал в своих номинальных рабочих условиях, в преобразователе частоты должен быть выбран режим регулирования с постоянным отношением напряжения-частоты (U/f).

3.2 Диапазон применения

Для безопасной работы компрессора с преобразователем частоты необходимо строго соблюдать следующие ограничения:

- минимальная и максимальная частота (см. ниже)
- максимальная температура мотора
- максимальная температура нагнетаемого газа или масла и/или перепад давления (p_C – p_O)
- максимальное и минимальное давление нагнетания
- максимальный рабочий ток компрессора

- максимальная температура испарения
- минимальный перепад давления (p_C – p_O)
- минимальное давление всасывания (должно быть немного выше атмосферного давления)
- минимальный массовый расход хладагента для охлаждения мотора и т.д.
- достаточная подача масла для уплотнения в области профиля
- достаточное дополнительное охлаждение

Эти ограничения определяют применения и могут варьироваться в зависимости от диапазона частот и условий эксплуатации.

Диапазоны скоростей и частот

Компрессор	Диапазон частот (Hz)	Диапазон скоростей (min^{-1})	Примечания
HS.53 .. HS.85	20 .. 75	1200 .. 4400	
HSNP74, HSNP85	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9573 .. HS.9583	20 .. 70	1200 .. 4100	
HS.9593 .. HS.95103	20 .. 60	1200 .. 3500	
CS.65 .. CS.105	25 .. 60	1450 .. 3500	В некоторых случаях по запросу диапазоны могут быть расширены. Версия со встроенным FI: CSV.
OS.53	25 .. 75	1450 .. 4500	
OS.74 .. 85	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.95	25 .. 67	1450 .. 4000	
OS.105	26 .. 67	1500 .. 4000	
VSK31	20 .. 87	1200 .. 5100	с двигателем 230 В-3-50 Гц
VSK41	20 .. 70	1200 .. 4100	с двигателем 230 В-3-50 Гц

Табл. 1: Допустимые диапазоны скоростей и частот винтовых компрессоров BITZER (также соблюдайте области применения и максимальное потребление тока мотора)

Конструкция при различных напряжениях и частотах эл. питания

Если электропитание отличается от стандартных условий (400 V/3/50 Hz), требуются моторы с особым напряжением и адаптированная конструкция преобразователя частоты (*Моторы компрессоров*). Дополнительная информация доступна по запросу.

Области применения для работы с преобразователем частоты

На следующем рисунке в качестве примера показаны области применения для HS. компрессоров, работающих на разных частотах, и как они могут меняться в зависимости от температуры испарения и конденсации. Конкретные области применения для конкретных компрессоров, моторов и хладагентов указаны в BITZER SOFTWARE.

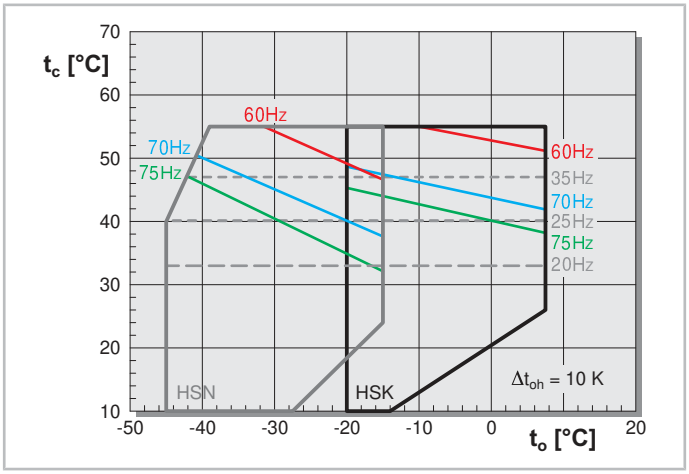


Рис. 5: Пример области применения для винтовых компрессоров HS.64 с преобразователем частоты для хладагента R404A. Компрессор можно эксплуатировать только **ниже** указанных линий частот.

t_o: температура испарения, t_c: температура конденсации, Δt_{oh}: перегрев всасываемого газа

Пунктирные серые линии (20 .. 35 Hz): Пределы в зависимости от температуры мотора.

Сплошные цветные линии (60 .. 75 Hz): Пределы, связанные с температурой мотора или максимальным током.

Аналогичным образом, на следующем рисунке в качестве примера показаны области применения компрессоров CSH. Конкретные области применения, моторы и хладагенты приведены в BITZER SOFTWARE. Для CS. компрессоров, BITZER разработал специальную серию CSV. со встроенным преобразователем частоты, где компрессор и FI оптимально дополняют друг друга:

- *SB-160*: Инструкция по эксплуатации Полугерметичные компактные винтовые компрессоры со встроенным преобразователем частоты CSV.

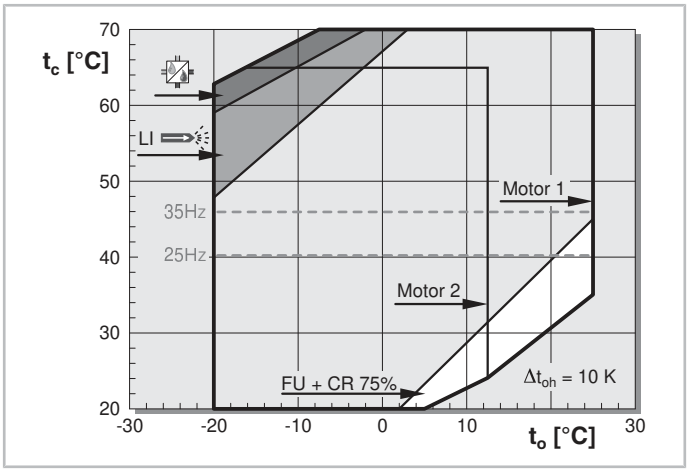


Рис. 6: Пример областей применения для винтовых компрессоров CSH с преобразователем частоты (FI) для хладагента R134a. Компрессор можно эксплуатировать только **ниже** указанных линий частот.

t_o: температура испарения, t_c: температура конденсации, Δt_{oh}: перегрев всасываемого газа

Темно-серая область вверху слева: требуется охлаждение масла.

Светло-серая область вверху слева: требуется дополнительное охлаждение.

Пунктирные серые линии (25 .. 35 Hz): пределы в зависимости от температуры мотора.

Работа на частоте 60 Hz по индивидуальному проекту.

Белая область внизу справа: CR макс. 75%.

Вибрации

Вибрации компрессора и пульсации давления, как правило, очень малы ввиду конструкции. Однако они могут вызывать резонансные частоты в трубопроводах и теплообменниках (т. е. соответствовать собственной частоте системы), что приводит к шуму от системы, вибрации и, возможно, к усталости трубопроводов и утечкам. Возможными источниками вибраций являются:

- пульсации давления в линии нагнетания газа
- вибрации крутящего момента, воздействующие на опоры компрессора или на фланцы трубных соединений
- резонанс с линией экономайзера (для винтовых и спиральных компрессоров)

Частота этих вибраций связана с рабочей частотой компрессора, которая может изменяться в широком диапазоне. По сравнению с односкоростными системами (без преобразователя частоты) эта проблема усугубляется в системах с регулируемой скоростью: Даже если трубопровод подходит для данной скорости компрессора, это может быть не так при других скоростях, устанавливаемых преобразователем частоты. По этой причине вибрации трубопроводов необходимо проверять во всем диапазоне скоростей компрессора, как во время проектирования конструкции системы, так и при вводе в эксплуатацию каждой отдельной системы (*Конфигурация преобразователя частоты*).

Данные с измеренными значениями шума для каждого компрессора представлены в Технической информации *AT-340* и в BITZER SOFTWARE, вкладка "Технические данные".

4 Подбор

4.1 Подбор с помощью BITZER SOFTWARE

Информация
В настоящее время BITZER SOFTWARE предлагает подбор с преобразователем частоты только для HS. компрессоров.

Шаг 1: Подбор компрессора

Сначала выберите хладагент, холодопроизводительность и рабочие точки, а затем выберите "Внешний ЧИ". Затем запустите расчет, нажав на кнопку . После этого программа предложит два подходящих компрессора в диапазоне максимальной рабочей частоты, каждый со своим стандартным мотором (*Моторы компрессоров*). Если выбран один из компрессоров, программа указывает частоту, холодопроизводительность и потребляемый ток (напряжение):

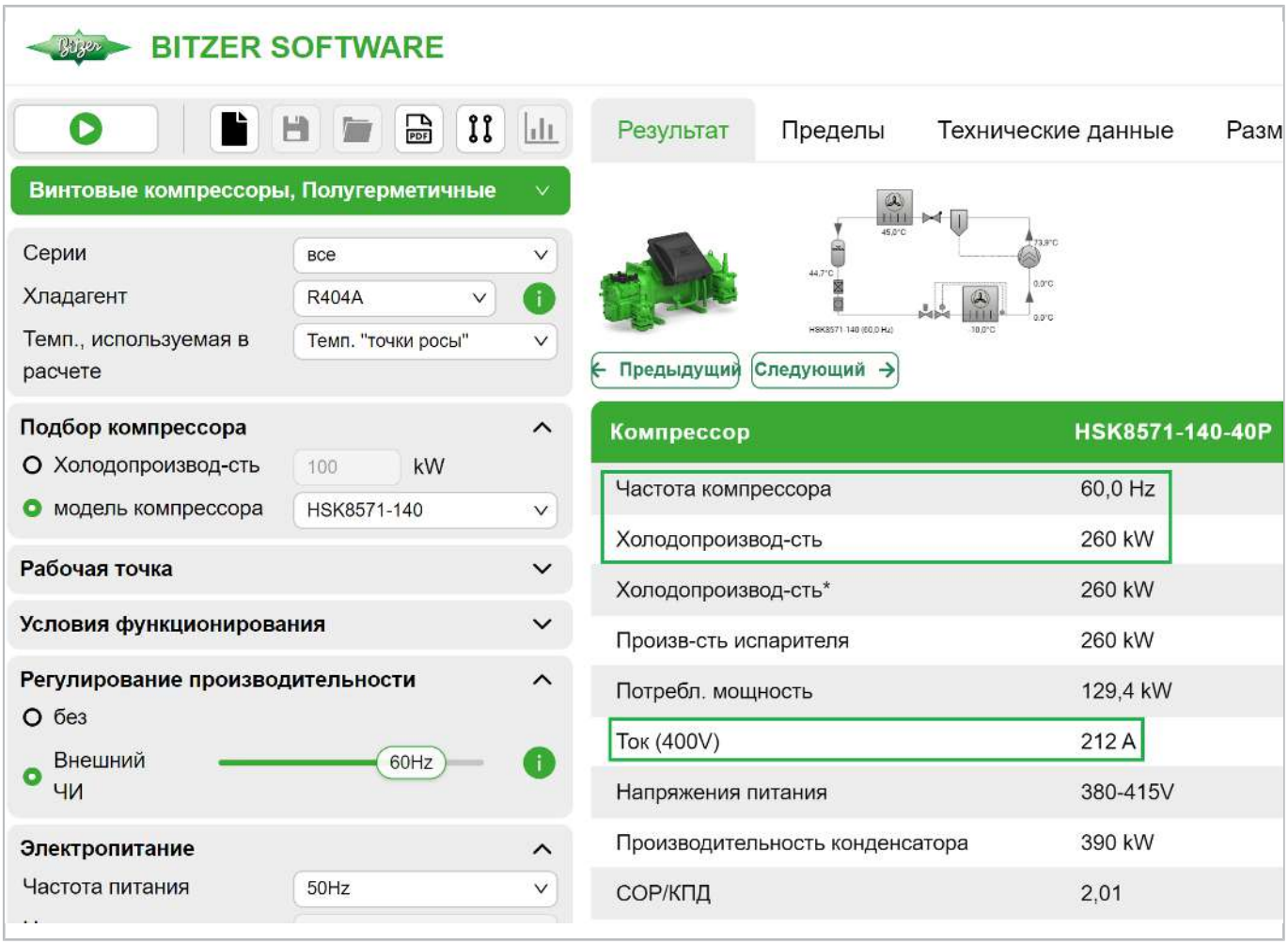


Рис. 7: BITZER SOFTWARE показывает частоту, холодопроизводительность и потребляемый ток (напряжение) для выбранного компрессора.

Постепенно увеличивая рабочую частоту (ползунок "Внешний ЧИ"), можно найти максимальную рабочую частоту для выбранной комбинации компрессора, хладагента и рабочей точки. Для работы выше этой частоты требуется более мощная версия мотора (выбирается в раскрывающемся меню "Модель компрессора") или мотор со специальным напряжением (*Моторы компрессоров*). При этом расчет моторов со специальным напряжением не реализован в BITZER SOFTWARE и доступен по запросу.

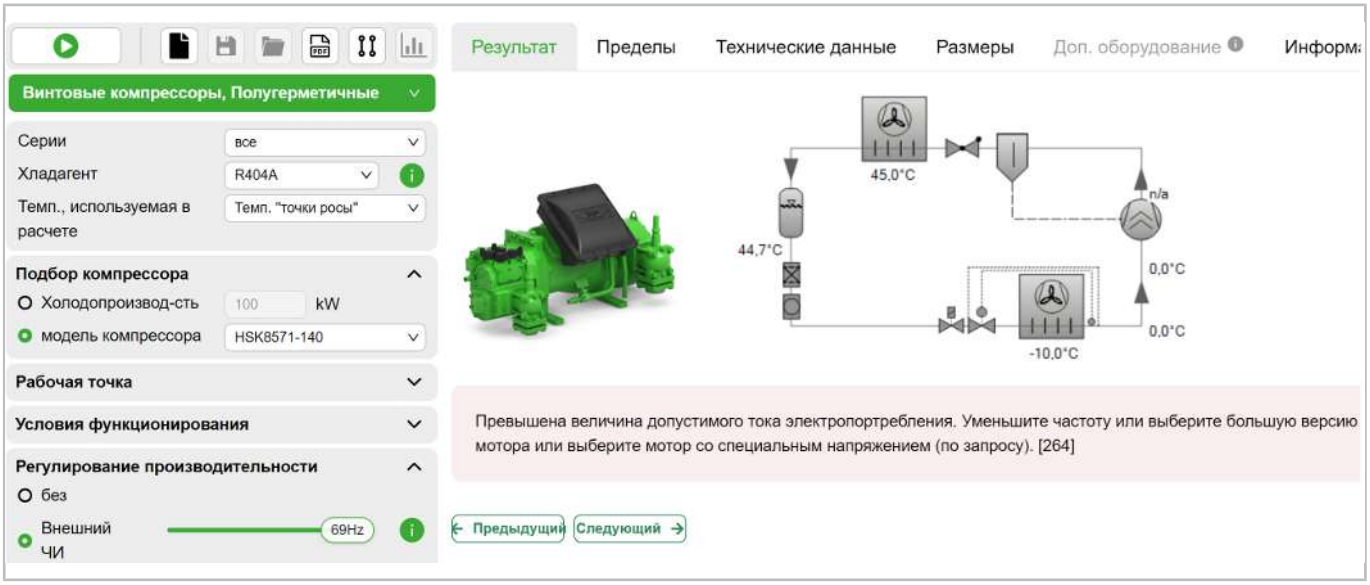


Рис. 8: Увеличивая рабочую частоту выбранного компрессора, можно превысить максимальное потребление тока. В этом случае программа рекомендует более мощную версию мотора или мотор со специальным напряжением.

Шаг 2a: Подбор преобразователя частоты BITZER VARIPACK (если доступен)

Кликните кнопку "Доп. оборудование" в строке меню вверху.

Информация
Кнопка для доп. оборудования становится активной только после предварительного расчета!

Подходящий преобразователь частоты можно выбрать непосредственно в дополнительном окне. Благодаря модульной конструкции преобразователей частоты VARIPACK доступен широкий спектр версий — совместимых с компрессорами BITZER. Для получения подробной информации см. информационную кнопку рядом с ползунком "Внешний ЧИ" .

Пусковые характеристики компрессоров были оптимизированы для преобразователей частоты VARIPACK, протестированы для различных хладагентов, а результаты реализованы в BITZER SOFTWARE. Это обеспечивает безопасный запуск компрессора с VARIPACK при любых условиях эксплуатации.

Кроме того, BITZER SOFTWARE визуализирует результирующие пределы частоты выбранной в данный момент комбинации компрессора, хладагента, рабочей точки и преобразователя частоты VARIPACK в области применения:

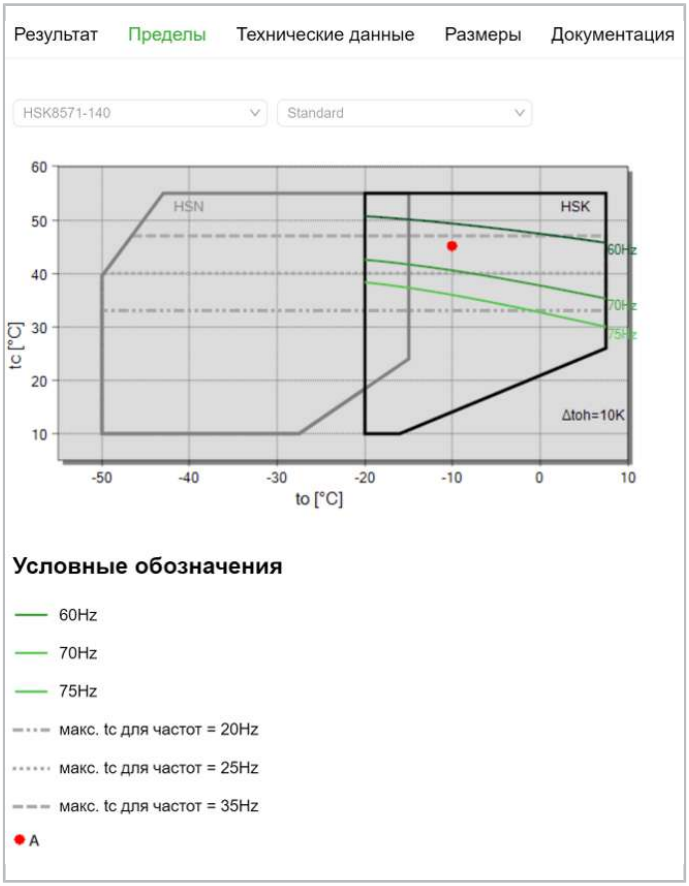


Рис. 9: Визуализация области применения преобразователя частоты в BITZER SOFTWARE.

Если желательны меньшие ограничения относительно максимально возможной частоты, их можно расширить, выбрав более мощный преобразователь частоты (если мотор не является ограничивающим фактором):

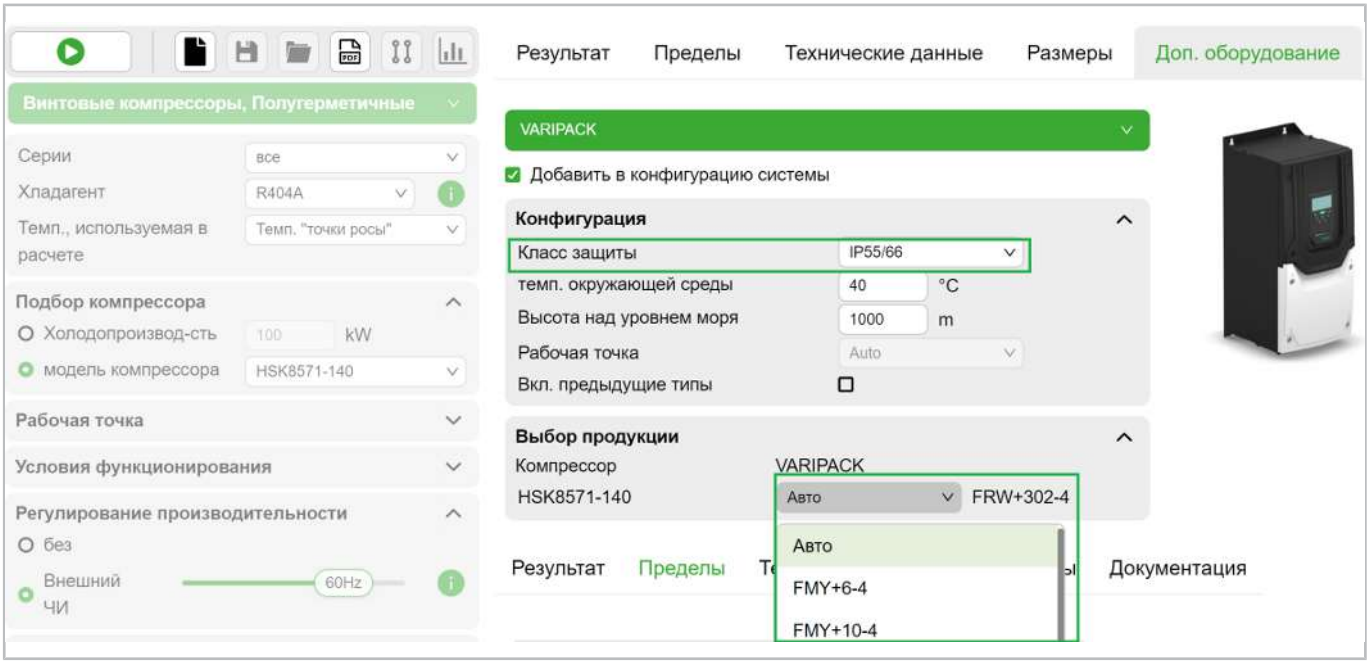


Рис. 10: Меню выбора преобразователя частоты VARIPACK в модуле доп. оборудования в BITZER SOFTWARE

Дополнительные сведения по VARIPACK:

- *CB-110* и *CB-111*: Инструкция по эксплуатации VARIPACK - внешние преобразователи частоты BITZER

Шаг 2b: Подбор преобразователя частоты другого производителя

▸ Обеспечьте резерв не менее 10 % для рабочего тока

Преобразователь частоты должен иметь возможность непрерывно подавать рабочий ток на компрессор при любых ожидаемых условиях эксплуатации. Следует запланировать не менее 10% дополнительного резерва, т.е. иметь возможность компенсировать пониженное напряжение в сети. Если преобразователь частоты имеет функции ограничения, которые ограничивают максимальную частоту в таких условиях для обеспечения эксплуатационной безопасности (например, BITZER VARIPACK), можно закладывать меньший резерв.

▸ Учитывайте перегрузочную способность для пуска компрессора.

Кроме того, необходимо учитывать коэффициент компенсации F_C для тока на время запуска компрессора. Для винтовых компрессоров этот коэффициент равен: F_S = 1.2. Он умножается на "Максимальный рабочий ток" который BITZER SOFTWARE указывает для соответствующего мотора во вкладке "Технические данные" (см. ниже). Этот максимальный ток должен находиться в пределах кратковременной перегрузочной способности преобразователя частоты, в противном случае потребуется более мощный преобразователь частоты.

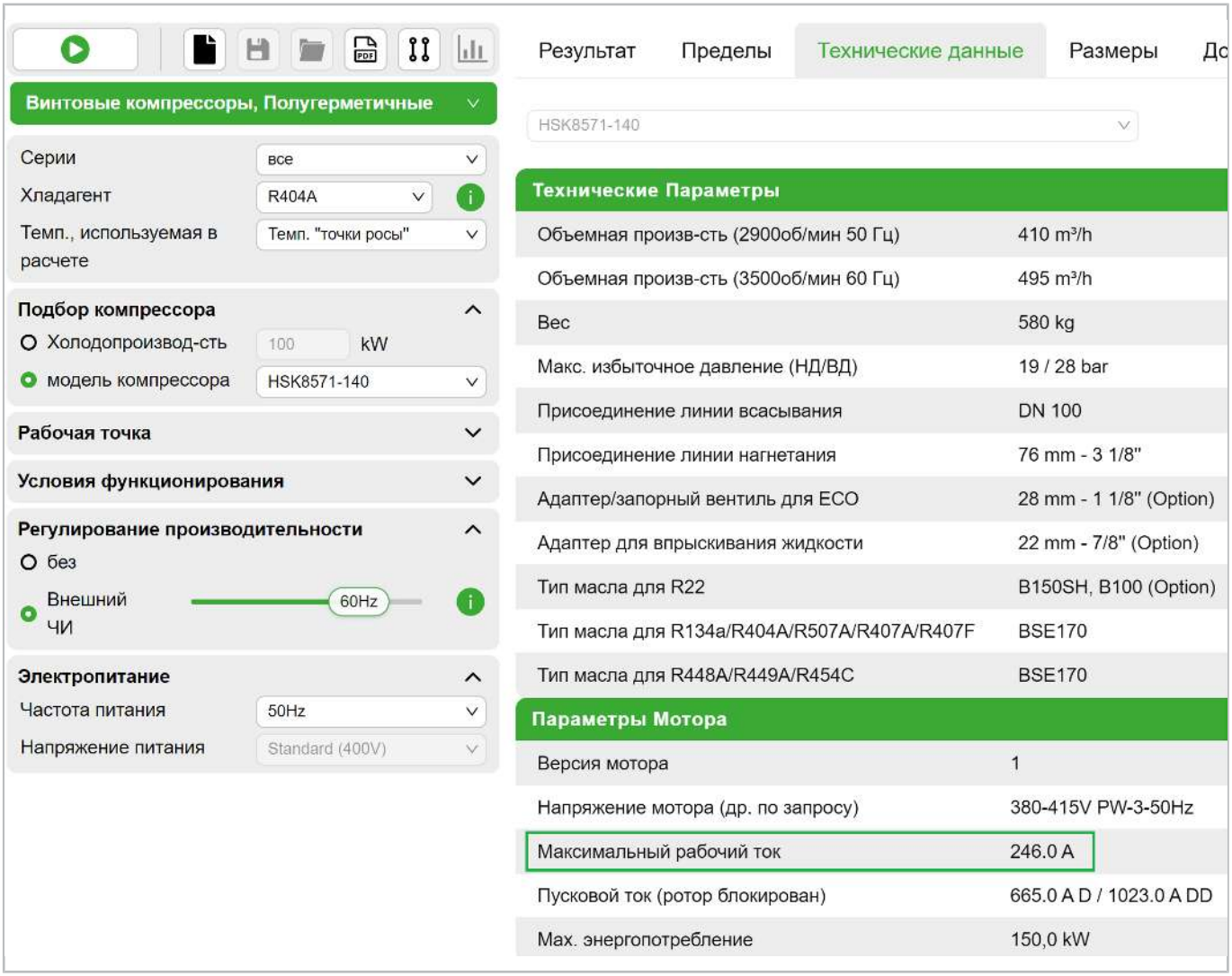


Рис. 11: "Максимальный рабочий ток", указанный в BITZER SOFTWARE (здесь: 246 A)
умноженный на коэффициент компенсации конкретного компрессора (для винтовых компрессоров: F_S = 1.2).
дает необходимую кратковременную перегрузочную способность преобразователя частоты.
Для преобразователей частоты BITZER VARIPACK это уже учтено в конструкции.

4.2 Моторы компрессоров

Преобразователь частоты не может подавать напряжение выше напряжения питания. Следовательно, напряжение статора не может увеличиваться при более высокой частоте инвертора. При этом уменьшается ток намагничивания в главной индуктивности, ослабляется вращающееся поле статора и вращающий момент.

Это означает, что при повышении частоты выше синхронной скорости отношение напряжение-частота U/f падает. Поскольку крутящий момент, требуемый для компрессора, остается постоянным, потребление тока мотором будет увеличиваться (рисунок ниже, *см. рисунок 12, Страница 111*). Следовательно, мотор должен иметь достаточный резерв (ток / мощность) на частоте электросети. Частота / скорость могут быть увеличены до максимального тока мотора (RMS – среднеквадратичное значение) (см. максимальный рабочий ток на заводской табличке или в BITZER SOFTWARE).

Для безопасной работы выше частоты электросети в среднетемпературных применениях может потребоваться версия компрессора с более мощным мотором (например, HSK вместо HSN).

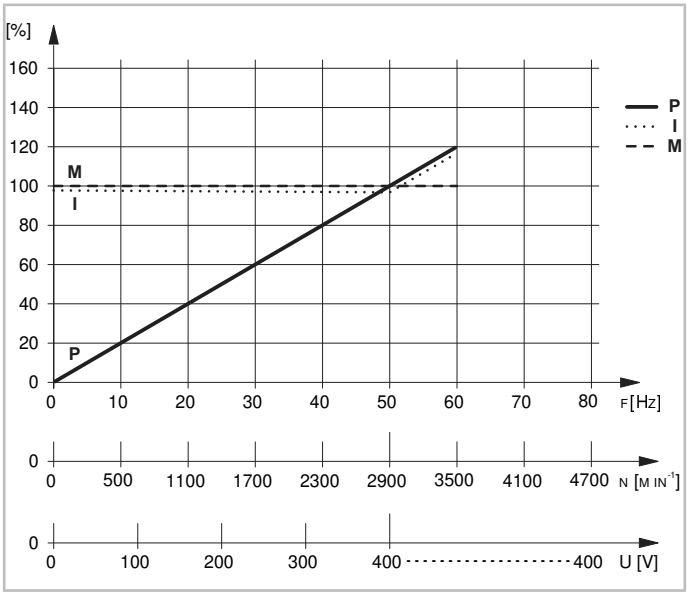


Рис. 12: Рабочие характеристики мотора компрессора для работы с преобразователем частоты (400 V/3/50 Hz) с резервом.

P: макс. потребляемая мощность компрессора

M: макс. макс. крутящий момент мотора на валу компрессора

I: макс. потребляемый ток компрессора

f: частота (на выходе преобразователя частоты)

U: напряжение (на выходе преобразователя частоты)

Стандартные моторы

Для обычных применений, BITZER предлагает использовать стандартные моторы. Они экономичны и имеют большой рабочий диапазон:

Винтовые компрессоры BITZER	Мотор	Напряжение питания
HS.53 .. 85 CS.65 .. 85	40P (мотор с разделенными обмотками)	400 V при 50 Hz 460 V при 60 Hz
HS.95 CS.95 .. 105	40D (мотор звезда-треугольник)	400 V при 50 Hz 460 V при 60 Hz

Табл. 2: Стандартные моторы для работы с внешним преобразователем частоты

Моторы специального напряжения

Если мотор работает с максимальным рабочим током уже при стандартных условиях и частоте питания, может быть полезен мотор специального напряжения для достижения большего диапазона регулирования. Это гарантирует, что постоянное отношение напряжения к частоте U/f может поддерживаться даже выше частоты электросети. Постоянный крутящий момент доступен во всем диапазоне применения. В зависимости от конструкции и/или допустимого диапазона частот вращения компрессора предпочтительным вариантом мотора является (для электросети 400 V/3/50 Hz):

- 25P: 230 V/3/50 Hz (+73% по рабочему току компрессора) при полном крутящем моменте мотора – соблюдайте максимально допустимую скорость компрессора! (см. рисунок ниже, график ③)

УВЕДОМЛЕНИЕ
Повреждение компрессора и мотора при превышении скорости!
Соблюдайте верхний предел скорости компрессора! См. область применения.

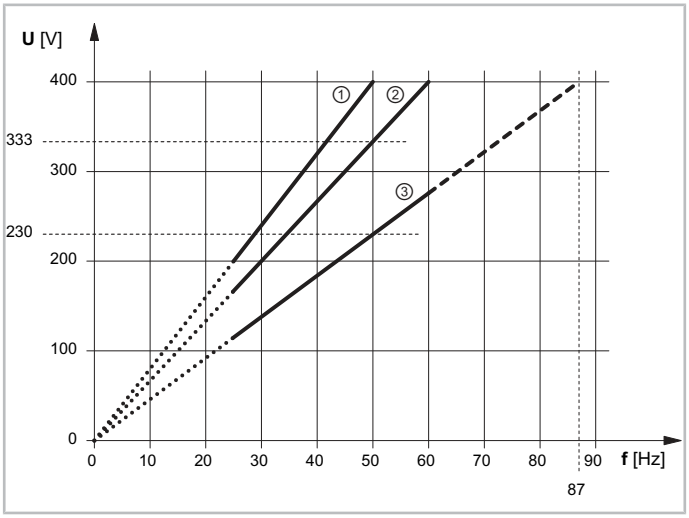


Рис. 13: Увеличение напряжения в зависимости от частоты для различных моторов, пример для CS. компрессоров.
①: 400 V/3/50 Hz
②: 400 V/3/60 Hz
③: 230 V/3/50 Hz

При такой конструкции рабочий ток на графике ② в 1.2 раза выше, чем в случае 400 V/50 Hz; на графике ③ в 1.73 раза выше. Это увеличивает капитальные затраты на преобразователь частоты, соответственно преобразователь частоты должен подбираться соответствующим образом.

Информация
Стандартный мотор обеспечивает непосредственную работу компрессора от сети, через контакторы, в случае выхода из строя преобразователя частоты (аварийный режим).

4.3 Необходимо соблюдать для открытых компрессоров

Выберите мотор и преобразователь частоты по согласованию с производителями. Стандартные моторы для открытых компрессоров могут не подходить для работы с преобразователями частоты - критична, например высота до вала более >225 mm.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Опасность повреждения мотора из-за недостаточного охлаждения!
Убедитесь, что мотор имеет достаточное охлаждение на каждой скорости! Соблюдайте ограничения по применению, указанные производителем мотора.

Защита мотора

Помимо обычной линии защитного отключения, дополнительно рекомендуется использовать защиту обмотки мотора по встроенным термисторам, чтобы гарантировать, что мотор будет работать только при допустимых температурах.

Муфта вала и уплотнение

Тщательно подбирайте муфту (см. BITZER SOFTWARE). Для работы на низкой скорости (частоте) необходимо подбирать муфту вала с достаточной инерцией.

Реле защиты по чередованию фаз

Поскольку неправильная последовательность фаз (направление вращения) недопустима и может повредить винтовой компрессор, необходим контроль направления вращения. При этом большинство доступных устройств не способны определять выходное напряжение инвертора и, следовательно, вращающееся поле. При необходимости свяжитесь с BITZER.

4.4 Катушки регулятора производительности

При конфигурировании компрессора HS.64 .. 74 или OS.74 "катушки для регулятора производительности" (стандартный комплект поставки) могут быть исключены: Поршни регулирования в таком случае работают в качестве разгрузки при пуске, что подходит для работы с преобразователем частоты.

Все остальные компрессоры (т. е. все компрессоры с золотниковым регулированием, а также HS.53) нуждаются в катушках для пуска, разгрузки при пуске – с преобразователем частоты или без него (*Рекомендуемые последовательности пуска и останова*).

5 Подходящие устройства защиты

Для работы винтовых компрессоров с преобразователем частоты подходят следующие устройства защиты компрессора:

- Устройство защиты SE-E5, подробнее см.:
  - *CT-120*: Устройства защиты для компрессоров BITZER
- Устройство защиты SE-i1, подробнее см.:
  - *CT-110*: Техническая информация Устройство защиты и мониторинга для CS. и HS. винтовых компрессоров SE-i1
- Модуль компрессора CM-SW-01, подробнее см.:
  - *ST-150*: Модуль компрессора для винтовых компрессоров CM-SW-01

Какое устройство доступно для какого компрессора, указывается при подборе в BITZER SOFTWARE.

6 Электрический монтаж компрессора и преобразователя частоты

В этой главе рассматриваются некоторые важные аспекты, которые следует учитывать при установке и вводе в эксплуатацию внешнего преобразователя частоты.

- Для преобразователей частоты, изготовленных не BITZER: Пожалуйста также см. соответствующие инструкции по эксплуатации!
- Для преобразователя частоты BITZER VARIPACK см.:
  - *CB-110* и *CB-111*: Инструкция по эксплуатации VARIPACK - внешние преобразователи частоты BITZER
- Эл. схемы для различных компрессоров с преобразователем частоты собраны в Технической информации
  - *AT-300*: Принципиальные электрические схемы для оборудования BITZER

Для получения дополнительной информации см. также Руководство ASERCOM "*Рекомендации по использованию преобразователей частоты с холодильными компрессорами объемного принципа действия*", глава 6.

Состояние поставки компрессора:

ВНИМАНИЕ
Компрессор наполнен защитным газом: Избыточное давление 0.5 .. 1 bar азота.
Риск повреждения кожи и глаз.
Сбросьте давление в компрессоре!
Наденьте защитные очки!

Для работы с электросистемой:

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
Опасность поражения электрическим током!
Перед работой с клеммной коробкой, корпусом модуля и электрическими линиями: Выключите главный выключатель и заблокируйте его от повторного включения!
Перед повторным включением закройте клеммную коробку и корпус модуля!

Для работы с преобразователем частоты (FI):

ОПАСНОСТЬ
Опасное для жизни напряжение внутри корпуса преобразователя частоты!
Прикосновение может привести к серьезным травмам или смерти.
Никогда не открывайте корпус FI во время работы! Выключите главный выключатель и заблокируйте его от повторного включения.
Подождите не менее 10 минут, пока не разрядятся все конденсаторы!
Перед повторным включением закройте корпус FI.

ОПАСНОСТЬ
Неправильное или недостаточное заземление может привести к опасному для жизни поражению электрическим током при контакте с преобразователем частоты!
На постоянную заземлите весь преобразователь частоты и регулярно проверяйте заземляющие контакты!
Перед любым вмешательством в устройство проверьте все подключения напряжения на надлежащую изоляцию.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Эксплуатация преобразователя частоты при высоких температурах приводит к стрессу и сокращению срока службы!
Учитывайте максимальную температуру окружающей среды в месте установки.
Соблюдайте минимальные отступы для вентиляции.

6.1 Эл. подключение

Строго соблюдайте рекомендации и требования производителя преобразователя частоты по монтажу! Обратите особое внимание на следующее:

- Силовой кабель между преобразователем частоты и мотором компрессора должен иметь соответствующий EMC-экран, который соединяется как с монтажной пластиной электрического шкафа, так и с корпусом мотора с большой площадью контакта экрана без каких-либо соединений типа "косичка".
- В зависимости от местных условий (жилые, коммерческие, промышленные и т. д.) могут потребоваться дополнительные EMC фильтры.
- Мотор следует заземлить с помощью защитного провода этого кабеля.
- Кроме того, корпус компрессора должен отдельно заземляться кабелем подходящего сечения.
- В отношении силового кабеля необходимо соблюдать рекомендации производителя преобразователя частоты (например, относительно максимальной длины, отступов от других кабелей).

6.2 Клеммы мотора на клеммной колодке

HS.85 .. 95 / CS.85 .. 95

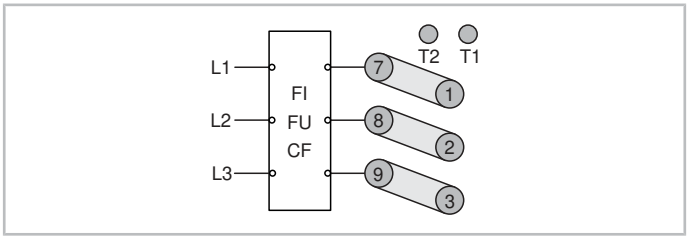


Рис. 14: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для винтовых компрессоров
типы HS.85 / CS.85: мотор с разделенными обмотками и прямым пуском от сети
типы HS.95 / CS.95: мотор звезда-треугольник с подключением треугольником

HS.64 .. 74 / CS.75

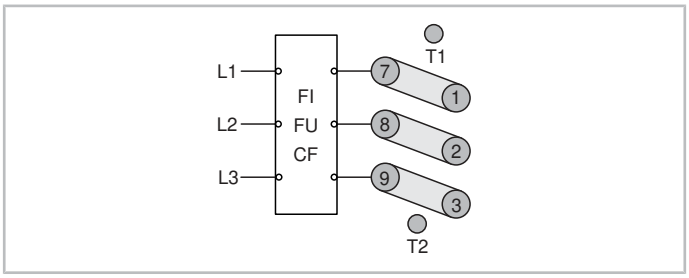


Рис. 15: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для винтовых компрессоров типов HS.64 .. 74 и CS.75, мотор с разделенными обмотками и прямым пуском от сети

HS.53 / CS.65

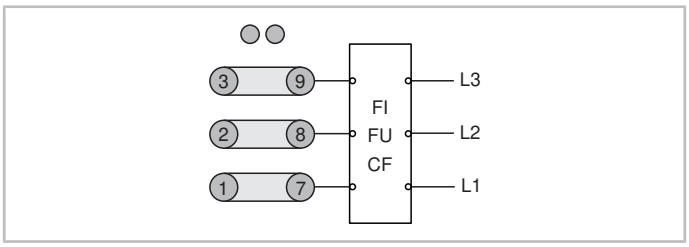


Рис. 16: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для винтовых компрессоров типов HS.53 и CS.65, мотор с разделенными обмотками и прямым пуском от сети

Винтовые компрессоры BITZER серии OS. приводятся в действие внешними двигателями. Информацию по клеммам двигателя см. в документации производителя двигателя.

6.3 Импульсы напряжения на клеммах мотора

Импульсное выходное напряжение преобразователя частоты нарастает с крутым фронтом. Допустимый диапазон показан на рисунке ниже.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Опасность повреждения мотора при слишком резком повышении напряжения на клеммах мотора! Соблюдайте пределы повышения напряжения и импульсов напряжения на клеммах мотора! При необходимости используйте синусные фильтры.

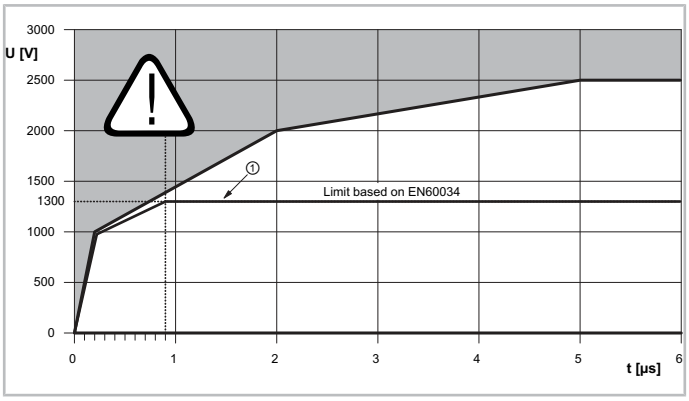


Рис. 17: Пределы повышения напряжения на клеммах мотора. Белая область: допустимый диапазон.
t: время нарастания
U: импульсное напряжение на клеммах мотора
①: ограничения на основе EN60034

6.4 Цепь защит

В случае отказов, связанных с безопасностью (таких как превышение максимально высокого давления или перегрузка мотора), преобразователь частоты должен быть немедленно отключен. Для этого аварийного отключения обычной электронной регулировки недостаточно. Надлежащими мерами безопасности являются, например, главный контактор между преобразователем частоты и мотором, который может немедленно отключить подачу тока.

Более предпочтительным вариантом является преобразователь частоты с функцией безопасного снятия крутящего момента (STO) (например, BITZER VARIPACK) с одобренным интегрированным подключением в цепь защит в соответствии с EN61800-5-2.

6.5 Коррекция коэффициента мощности

Преобразователи частоты генерируют реактивную мощность с малым рабочим объемом, поэтому коррекция коэффициента мощности обычно не требуется – она может даже иметь отрицательный эффект. Чрезмерная компенсация может привести к пикам напряжения, которые могут повредить электрические компоненты.

6.6 Автоматы защитного отключения

Неисправность внутренних компонентов может привести к тому, что преобразователь частоты будет генерировать постоянный ток большой мощности во всей системе защитного заземления, который не обнаруживается стандартными автоматическими выключателями дифференциального тока. Таким образом, в силовом подключении следует либо отказаться от автоматического выключателя дифференциального тока, либо использовать подходящий.

ОПАСНОСТЬ
Опасность для жизни из-за поражения электрическим током из-за системы защитного заземления и заземленных корпусов машин!
Тщательно выбирайте и монтируйте автоматические выключатели дифференциального тока.
Проверьте систему защитного заземления.

Если в силовое подключение должен быть встроен автоматический выключатель дифференциального тока, он должен быть чувствителен ко всем типам тока (тип B). Этот тип способен обнаруживать дифференциальные постоянные токи.

7 Ввод в эксплуатацию

7.1 Конфигурация преобразователя частоты

Для работы с преобразователем частоты (FI):

ОПАСНОСТЬ
Опасное для жизни напряжение внутри корпуса FI!
Прикосновение может привести к серьезным травмам или смерти.
Никогда не открывайте корпус FI во время работы!
Выключите главный выключатель и заблокируйте его от повторного включения.
Подождите не менее 5 минут, пока не разрядятся все конденсаторы!
Перед повторным включением закройте корпус FI.

ВНИМАНИЕ
При работе радиатор преобразователя частоты нагревается.
Опасность ожога при контакте!
Перед выполнением работ на преобразователе частоты отключите электропитание и подождите не менее 15 минут, пока радиатор не остынет.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Опасность отказа преобразователя частоты из-за перенапряжения!
Всегда отключайте преобразователь частоты от проверяемой цепи перед любыми испытаниями высоким напряжением или испытаниями изоляции на работающих линиях!

УВЕДОМЛЕНИЕ
Опасность повреждения мотора!
Проверьте частоту коммутации преобразования в преобразователе частоты и при необходимости настройте ее! Рекомендуемое значение: 2 .. 6 kHz

- Настройте минимальную и максимальную частоту (или скорость)
- Настройте номинальные данные мотора (см. заводскую табличку)
  - ток
  - напряжение
  - частота
  - количество полюсов мотора
  - (скорость мотора)
  - (мощность)
  - (cos φ)
- логика управления: U/f (пропорциональная)
- частота преобразования в преобразователе частоты: используйте ок. 3 kHz в стандартной комплектации
  - Низкие частоты преобразования снижают нагрузку на изоляцию обмоток мотора, в результате чего повышается эффективность.
  - Более высокие частоты преобразования могут привести к уменьшению шума от мотора, незначительному снижению потерь в моторе и его нагреву. С другой стороны, они приводят к более высоким потерям и, следовательно, к более высокой температуре в преобразователе частоты (возможно, с учетом ухудшения характеристик, т. е. выходная нагрузка уменьшается с повышением температуры окружающей среды).
- Активируйте функцию «Автонастройка» в преобразователе частоты, если она доступна.
- Определите возрастающий рамп (последовательность пуска) и нисходящий рамп (последовательность останова), см. ниже.
- Определите рампы скорости во время работы (между мин. и макс. частотой). Во время работы изменение частоты должно быть намного медленнее, чем при пуске и останове, что выгодно для компрессора и всей системы. Оптимальное время рампа также зависит от типа системы (комбинированная система, один компрессор в жидкостном чиллере и т. д.). Особенно в жидкостных чиллерах и в тепловых насосах производительность должна изменяться в течение нескольких минут, а не секунд. Как правило, возрастающий рамп должен быть намного медленнее, чем нисходящий— в компрессорах BITZER он обычно в два раза медленнее. VARIPACK имеет, например. следующие заводские настройки:
  - Разгон (возрастающий рамп): 10s/50Hz
  - Замедление (нисходящий рамп): 5s/50Hz

Не все эти шаги необходимы для преобразователей частоты BITZER VARIPACK, поскольку они предварительно сконфигурированы и могут быть адаптированы к требованиям системы с помощью BEST SOFTWARE, см.

- *CB-110* и *CB-111*: Инструкция по эксплуатации VARIPACK - внешние преобразователи частоты BITZER

Вибрации

УВЕДОМЛЕНИЕ
Опасность усталости материала и повреждения из-за вибраций в системе из-за скоростного привода FI!
Тщательно проверьте всю систему на всех возможных рабочих частотах на наличие вибраций и резонанса.
Устраните частоты, вызывающие резонанс, путем соответствующей настройки параметров инвертора!

Если проблема с вибрацией обнаружена на определенной скорости или комбинации скоростей, можно изменить или усилить конструкцию трубопровода, чтобы устранить ее. После любых таких изменений систему следует повторно протестировать во всем диапазоне скоростей, чтобы убедиться, что решение проблемы на одной скорости не создает проблемы на другой.

В качестве альтернативы, большинство инверторов имеют возможность программировать диапазоны скоростей «gap» (диапазоны обхода частот): Несмотря на то, что компрессору будет разрешено проходить через диапазон вырезанных скоростей, ему не будет разрешено оставаться в этом диапазоне. Любые диапазоны частот, в которых обнаружены проблемы с вибрацией или шумом, могут быть «исключены» таким образом.

По дополнительным вопросам обращайтесь в BITZER.

7.2 Рекомендуемые последовательности пуска и останова

ОПАСНОСТЬ
Опасное для жизни напряжение внутри корпуса преобразователя частоты!
Прикосновение может привести к серьезным травмам или смерти.
Никогда не открывайте корпус FI во время работы! Выключите главный выключатель и заблокируйте его от повторного включения.
Подождите не менее 10 минут, пока не разрядятся все конденсаторы!
Перед повторным включением закройте корпус FI.

ВНИМАНИЕ
При работе радиатор преобразователя частоты нагревается.
Опасность ожога при контакте!
Перед выполнением работ на преобразователе частоты отключите электропитание и подождите не менее 15 минут, пока радиатор не остынет.

УВЕДОМЛЕНИЕ
Опасность выхода из строя компрессора!
Эксплуатация компрессора только в предусмотренном направлении вращения!

На следующих диаграммах показаны некоторые примеры последовательностей пуска и останова. Они обеспечивают плавный пуск, а также обеспечивают достаточную подачу масла в компрессор.

Во время работы изменение частоты должно быть намного медленнее, чем при пуске и останове (*Конфигурация преобразователя частоты*).

Кроме исключений, описанных ниже:

УВЕДОМЛЕНИЕ
Повреждение компрессора и мотора!
Не комбинируйте преобразователь частоты с механическим регулированием производительности компрессора! Особенно при низкой скорости адекватное охлаждение мотора не гарантируется, поскольку массовый расход хладагента сильно снижается. Некоторые исключения для винтовых компрессоров возможны по согласованию с BITZER.

При работе компрессора с модулем CM-SW-01 и с преобразователем частоты, данный модуль управляет механическими золотниками производительности и масляным соленойдным клапаном.

Компрессоры CS.65 .. 95

Последовательность пуска:

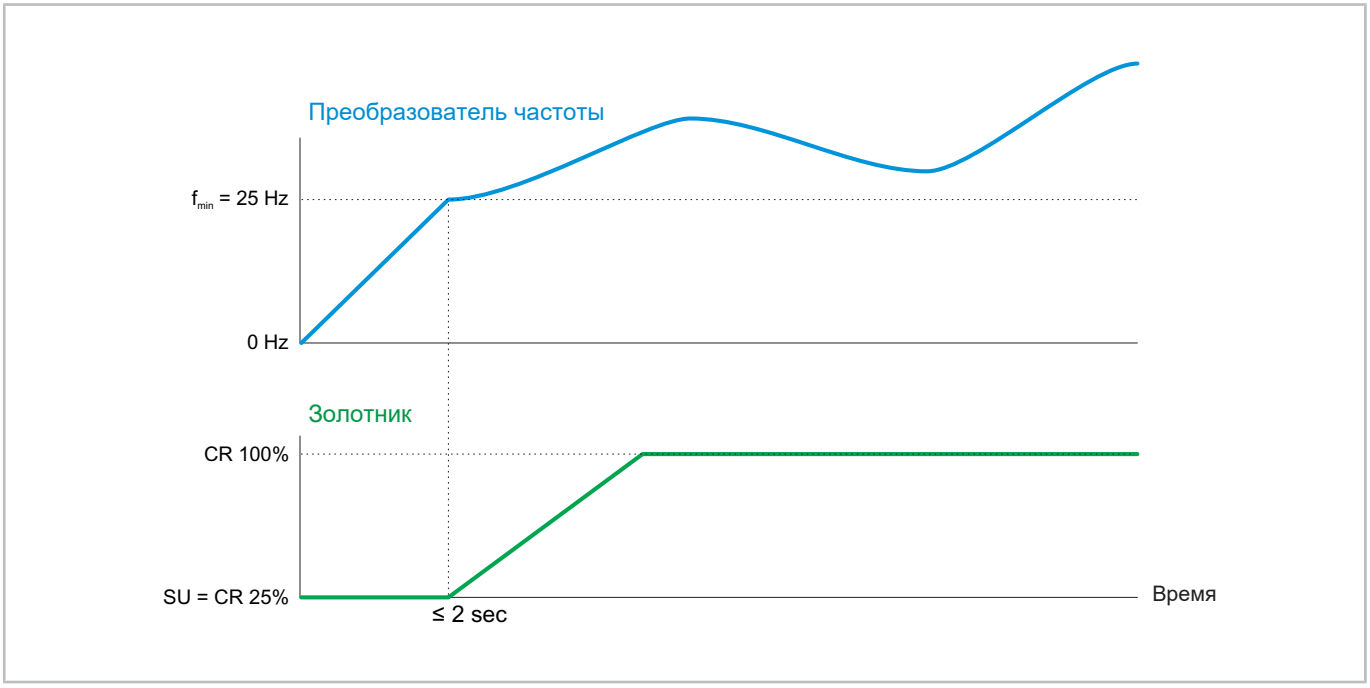
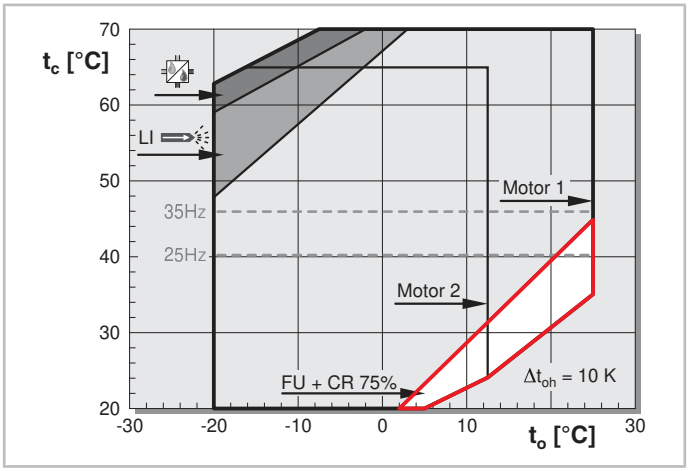


Рис. 18: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров CS.65 .. 95 с преобразователем частоты (FI). Запустите с разгруженным золотником CR, задействуйте FI на минимальной скорости 25 Hz на 2 сек. максимум. , затем переключите соленойдные клапаны CR на 100% (см. Инструкцию по эксплуатации *SB-170*, для пуска/останова подается питание только на клапан CR3, при этом CR4 может быть включен постоянно, а не прерывисто при работе с FI). После этого компрессор должен достичь области применения в пределах макс. 2 мин.

Для особых условий эксплуатации при высоких температурах испарения и конденсации преобразователь частоты можно комбинировать с CR 75%. На следующей диаграмме, показана область применения, это белая область в правом нижнем углу (области применения см. также *см. рисунок 6, Страница 104*):



Последовательность останова:

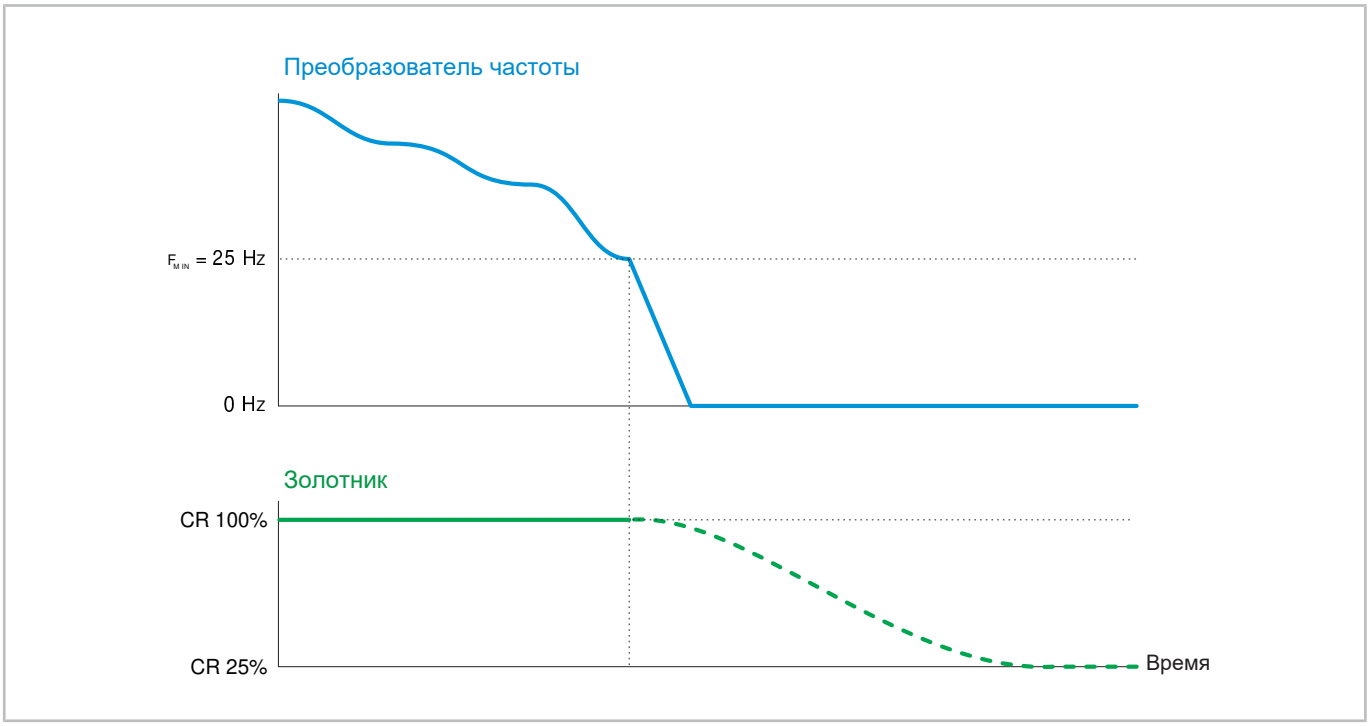


Рис. 19: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров CS.65 .. 95 с преобразователем частоты (FI). После выключения FI золотник CR пассивно возвращается на 25% в течение прибл. 5 мин, клапан CR3 остается под напряжением (см. инструкцию по эксплуатации *SB-170*).

Компрессоры CS.105 и HS.95 с модулем CM-SW-01

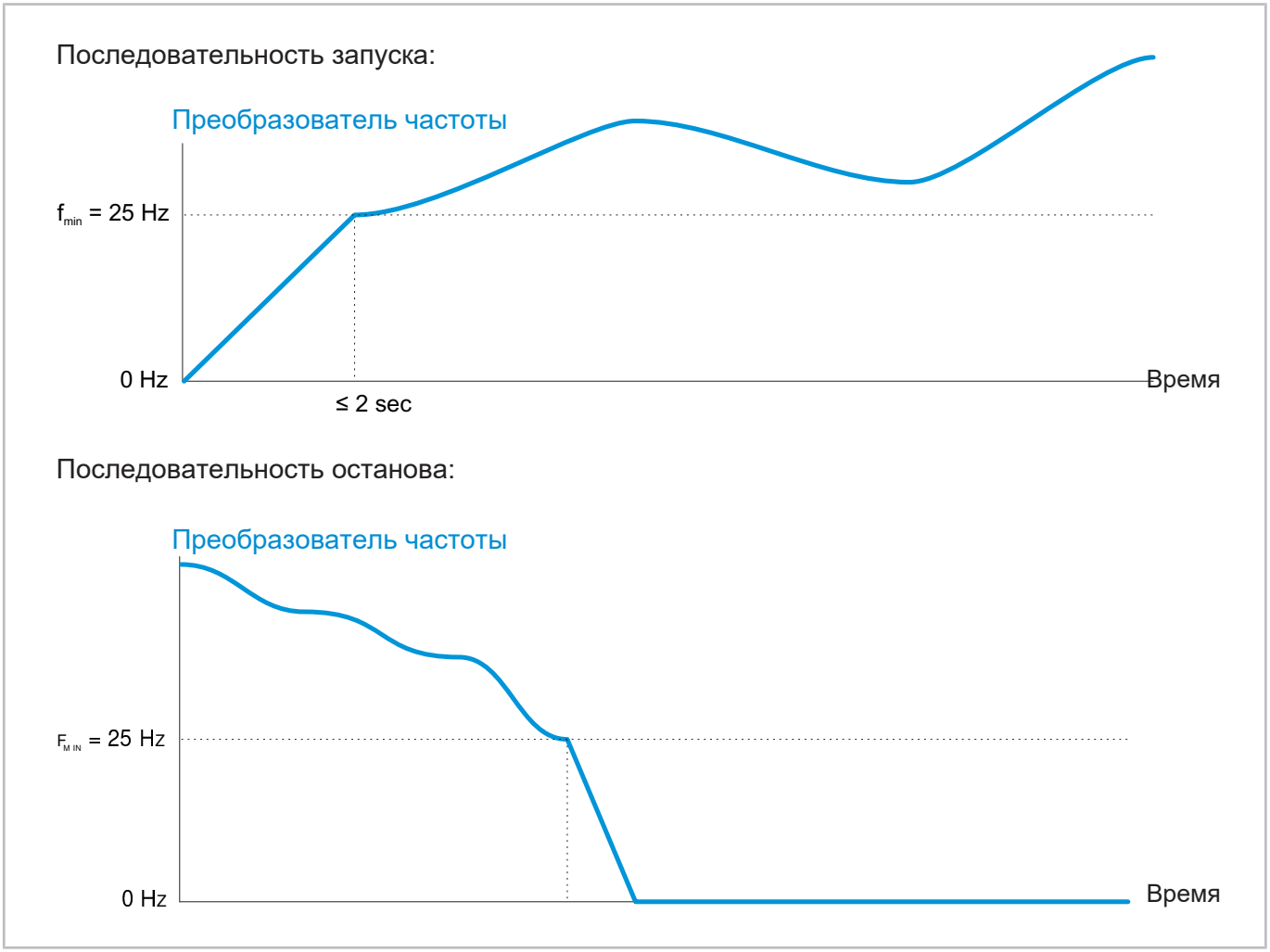


Рис. 20: Рекомендуемая последовательность пуска и останова компрессоров CS.105 и HS.95 с преобразователем частоты (FI) и модулем компрессора CM-SW-01 в режиме "Преобразователь частоты". Модуль управляет подачей масла, а также соленойдными клапанами CR для регулирования производительности (см. Инструкцию по эксплуатации *SB-170* для CS.105 и *SB-110* для HS.95).

Комбинация преобразователя частоты и золотникового регулирования производительности не разрешена для CS. и HS. компрессоров с CM-SW-01. После пуска компрессора золотники автоматически перемещаются в положение полной нагрузки, после останова компрессора они не разгружаются. Это позволяет ускорить последующий пуск, поскольку можно непосредственно регулировать производительность с помощью преобразователя частоты, без повышенного риска того, что компрессор вовремя не достигнет своей области применения.

Компрессоры HS.53 .. 74 и OS.53 .. 74

Последовательность пуска:

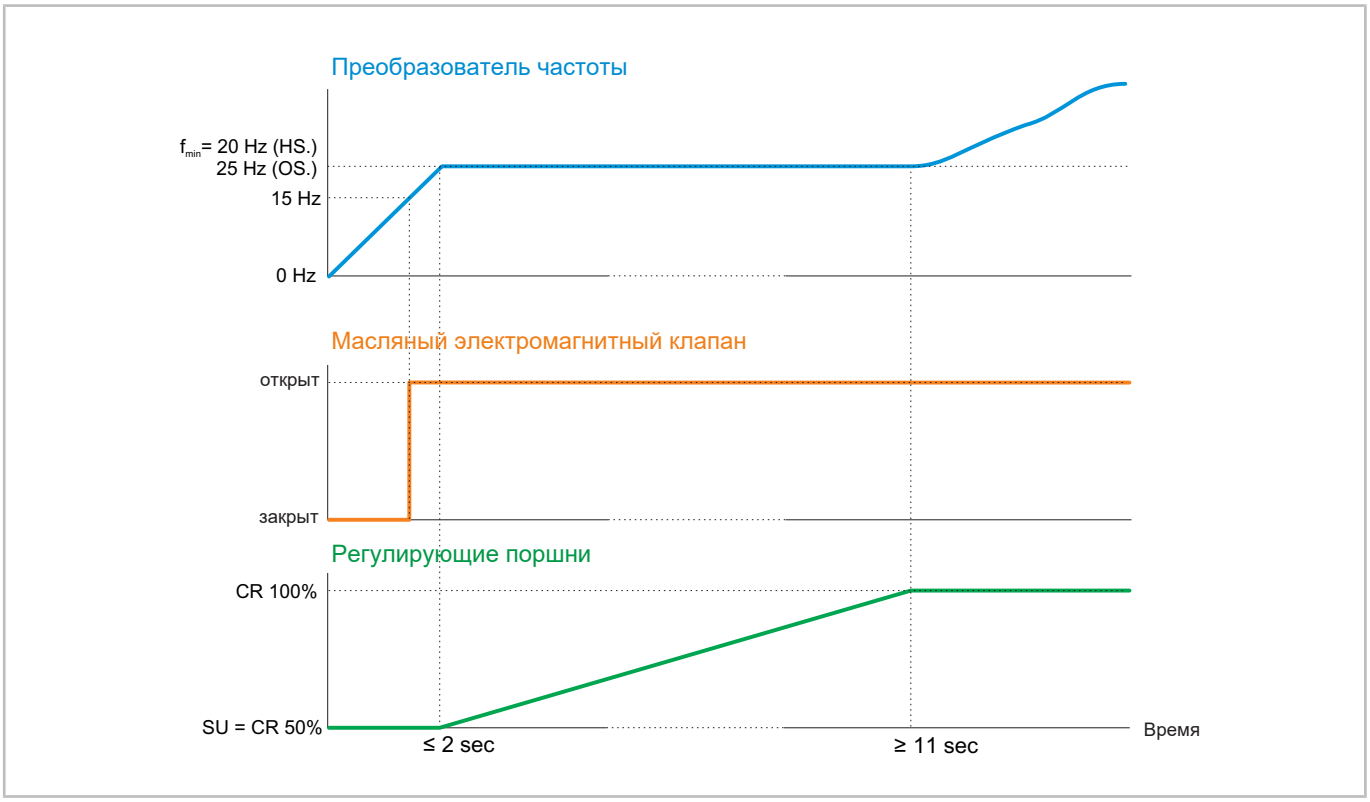


Рис. 21: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 с преобразователем частоты (FI). Запустите с разгруженными поршнями регулирования, откройте масляный соленойдный клапан, как только FI достигнет частоты 15 Hz. На минимальных оборотах (20 Hz для HS., 25 Hz для OS.) переключите поршни регулирования на 100% (см. Инструкцию по эксплуатации *SB-100* для HS. и *SB-500* для OS.).

Последовательность останова:

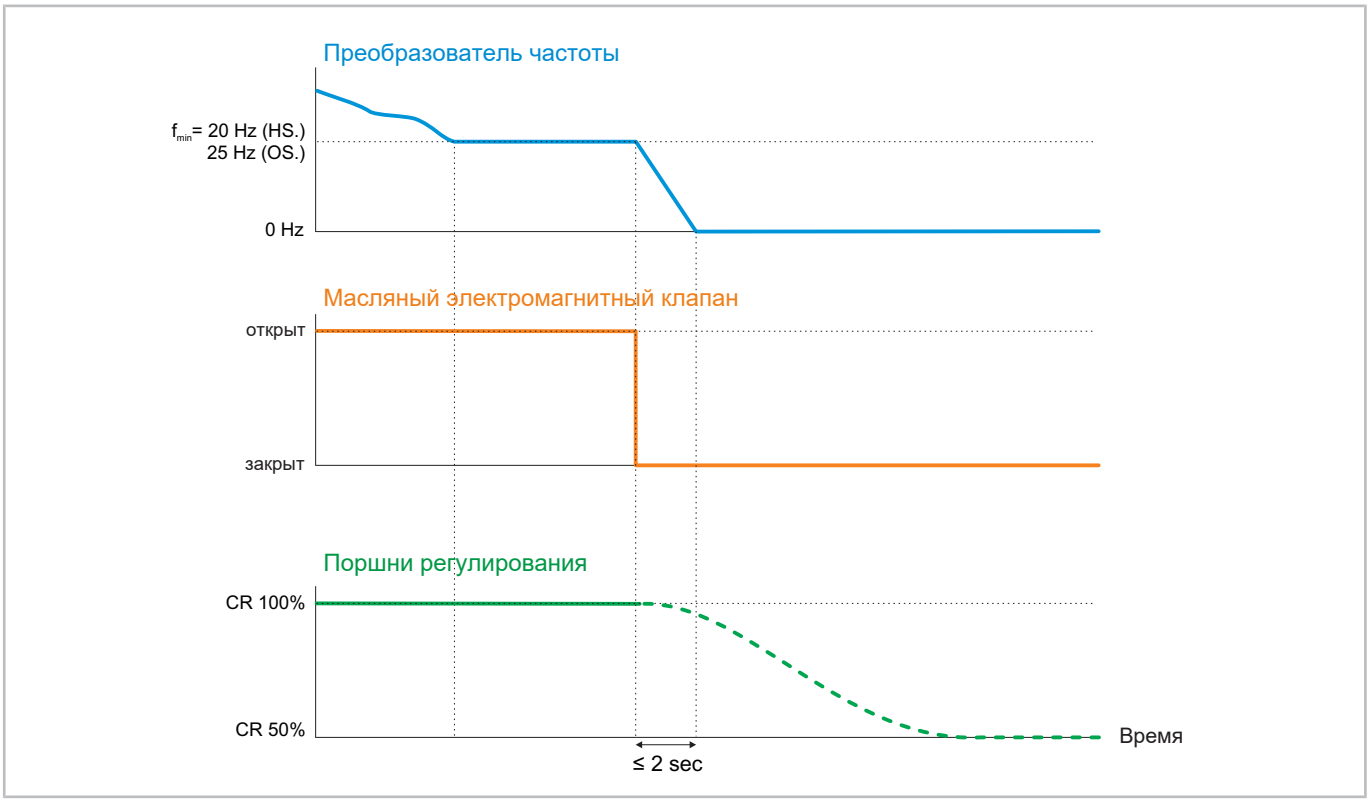


Рис. 22: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 с преобразователем частоты (FI). После выключения FI поршни регулирования пассивно возвращаются назад на 50 %.

Компрессоры HS.85 и OS.85 (без модуля CM-SW-01)

Последовательность пуска:

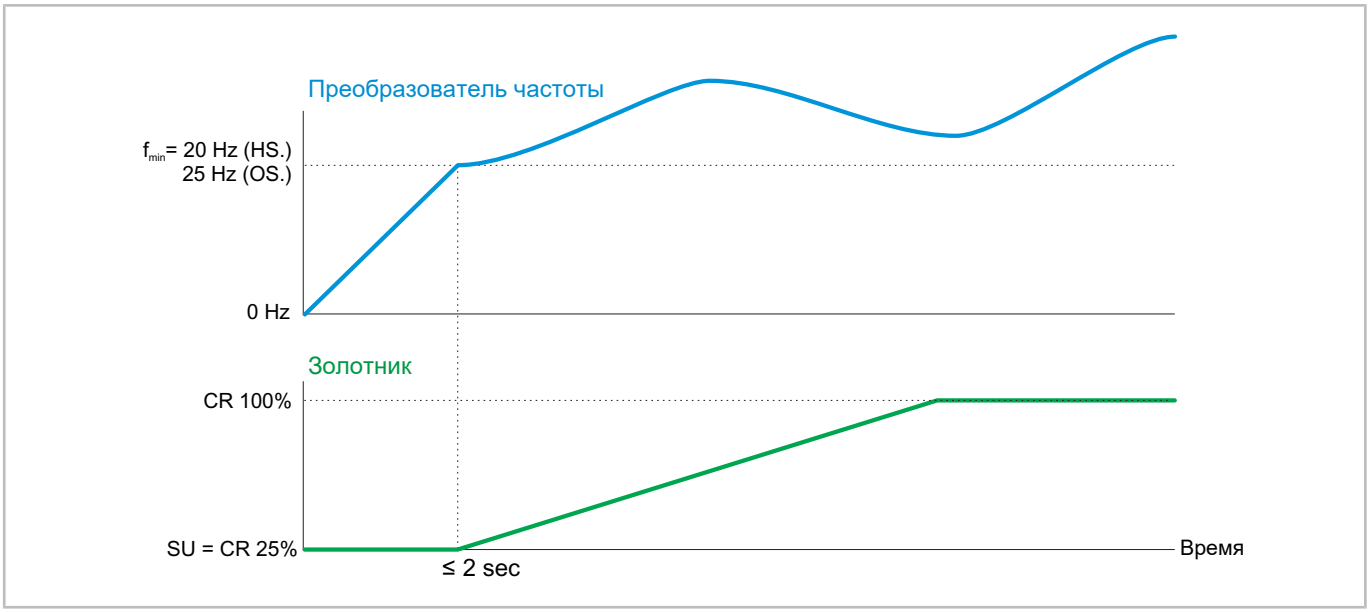


Рис. 23: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров HS.85 и OS.85 с преобразователем частоты (FI). Запустите с разгруженным золотником CR. Как только FI достигнет минимальной скорости (20 Hz для HS., 25 Hz для OS.), переключите соленойдные клапаны на 100%, как описано в Инструкции по эксплуатации *SB-110* и соотв. в *SB-520* (CR4 или Y4 работают прерывисто). Поскольку

компрессоры оборудованы встроенной системой управления маслом, внешний масляный соленойдный клапан не требуется и соответственно отсутствуют требования к логике его активации.

Последовательность останова:

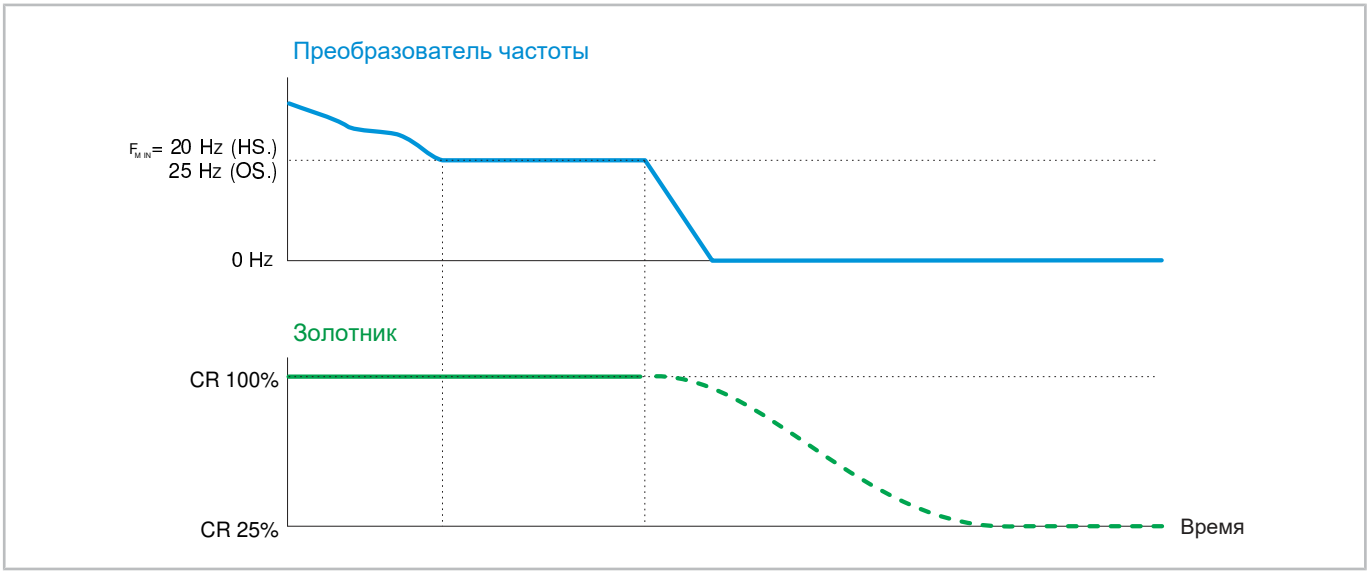


Рис. 24: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров HS.85 и OS.85 с преобразователем частоты (FI). После выключения FI золотник CR пассивно возвращается на 25%.

Компрессоры OS.A85 .. 105 с модулем CM-SW-01

В то время как встроенный мотор полугерметичных CS. и HS. компрессоров обеспечивает достаточный резерв для выхода на режим после пуска, это не обязательно относится к OS. компрессорам: Здесь можно выбрать двигатель для конкретного применения, например, относительно маломощный можно использовать для низкотемпературных применений. В результате может потребоваться снижение нагрузки с помощью золотникового регулирования до тех пор, пока не будут достигнуты номинальные рабочие условия, чтобы не перегружать двигатель. Так как охлаждение двигателя с очень низким массовым расходом хладагента не является такой значимой проблемой для открытых компрессоров, как для CS. и HS. компрессоров, золотниковое регулирование производительности можно комбинировать с преобразователем частоты для выхода на режим после пуска. В этом случае минимальное положение золотника ограничено 50%.

Последовательность пуска:

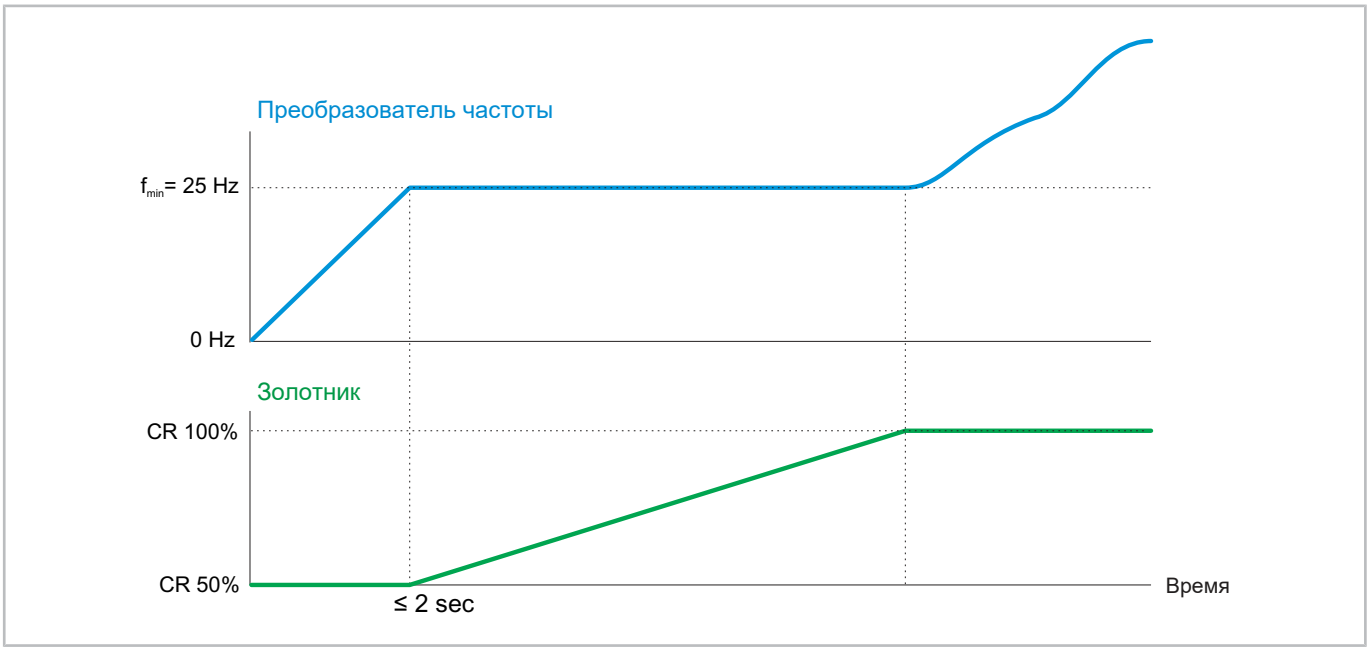


Рис. 25: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров OS.A85 .. 105 с преобразователем частоты (FI) и модулем компрессора CM-SW-01. Модуль управляет подачей масла, а также соленойдными клапанами CR для регулирования производительности (см. Инструкцию по эксплуатации *SB-520*). В режиме "Преобразователь частоты" модуль настроен так, что ставит CR золотник для разгрузки пуска на мин. 50% вместо 25% (можно выбрать 50 .. 100%).

Последовательность останова:

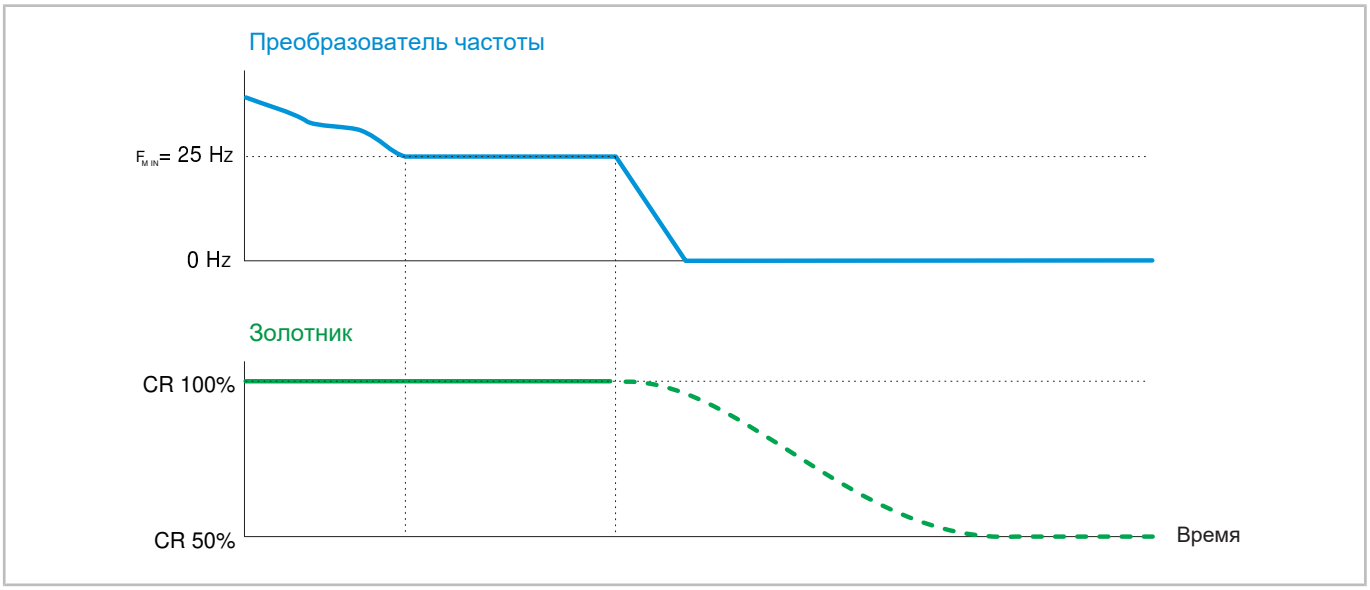


Рис. 26: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров OS.A85 ..105 с преобразователем частоты (FI) и модулем компрессора CM-SW-01. Модуль управляет подачей масла, а также соленойдными клапанами CR (см. Инструкцию по эксплуатации *SB-520*). В режиме "Преобразователь частоты" модуль настроен так, что ставит CR золотник для разгрузки пуска на мин. 50% вместо 25% (можно выбрать 50 .. 100%).

Последовательности пуска / останова при работе с экономайзером

В принципе, приведенные выше последовательности применимы и к работе с экономайзером, но при этом необходимо соблюдать измененные области применения (см. BITZER SOFTWARE)! Экономайзер можно задействовать, как только рабочие условия стабилизируются, и отключать одновременно с преобразователем частоты.

OS.A95 и OS.A105: Гаситель пульсаций при работе с экономайзером

Для OS.A95 и OS.A105 компрессоров, работающих с ECO, рекомендуется установить гаситель пульсаций на линии экономайзера. Доступны два варианта:

- Система гасителя состоящая из гасителя, обратного клапана, управляющего клапана (для OC.A95 необходима одна сборка, для OC.A105 - две сборки)

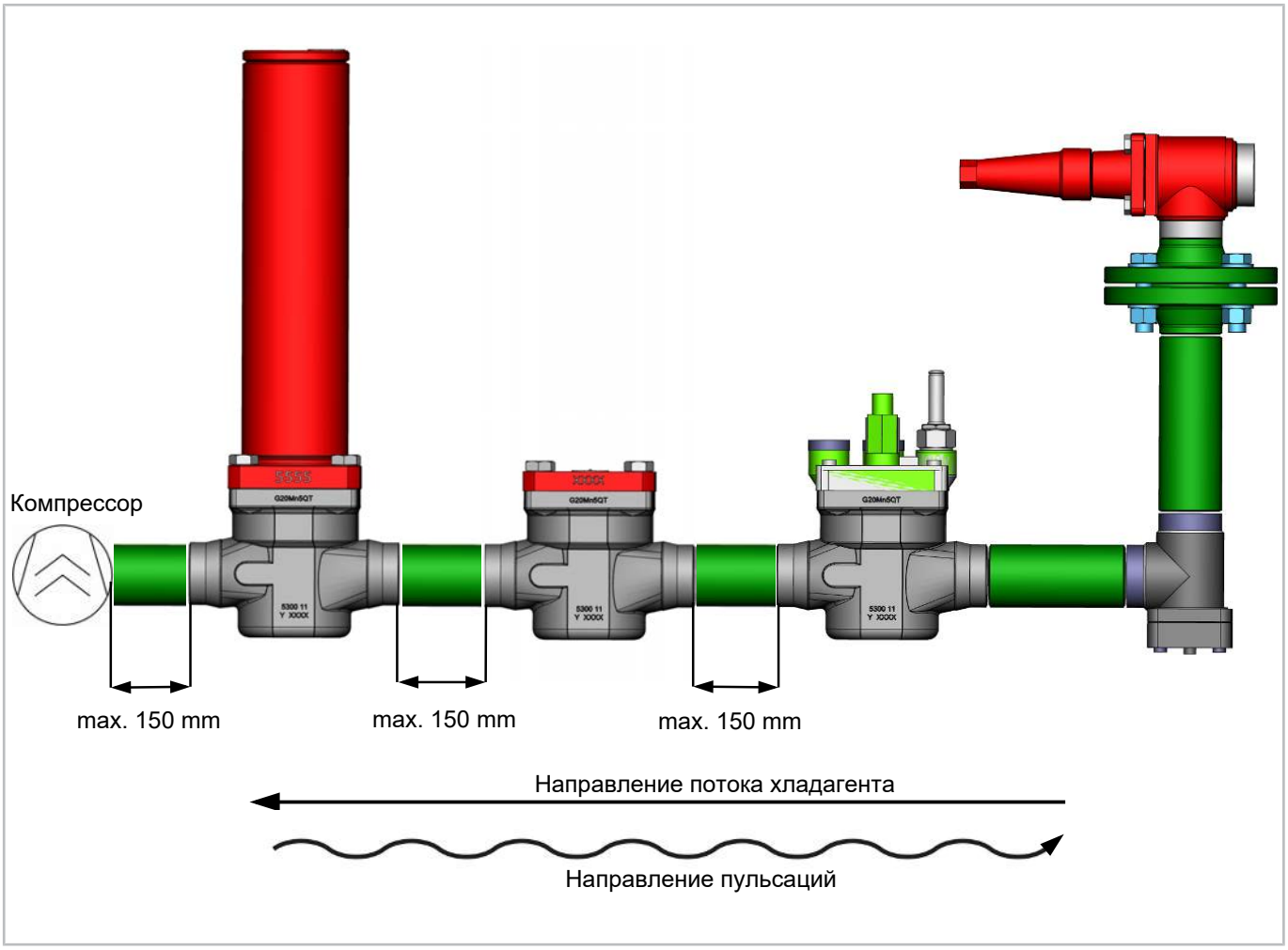


Рис. 27: Система гасителя состоящая из гасителя, обратного клапана, управляющего клапана

- базовый гаситель пульсаций, обозначенный как SD42 (арт. EPARTS: 354 004 05)

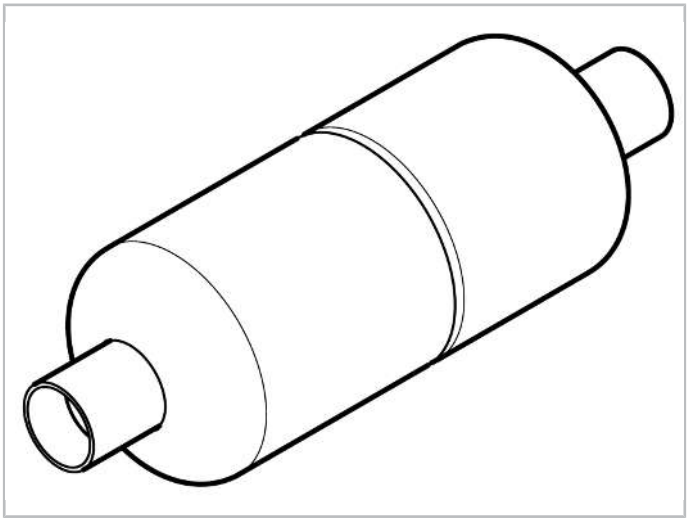


Рис. 28: Базовый гаситель пульсаций SD42 в ECO присоединении, арт. 354 004 05

Для работы при температуре конденсации > 40°C и/или температуре испарения > 10°C установка система гасителя обязательна. В остальном диапазоне, BITZER рекомендует гаситель пульсации SD42. Подробнее см. на следующем рисунке и в таблице.

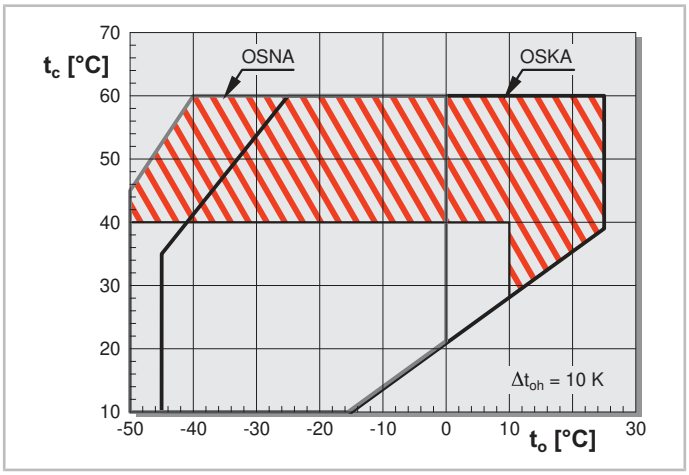


Рис. 29: Области применения винтовых компрессоров OS.A95 .. 105 в режиме ECO, в заштрихованной области. система гасителя ECO обязательна.

Планируемый рабочий диапазон	Гаситель пульсаций	Возможный диапазон регулирования производительности
Работа в заштрихованной области применения (t_c > 40°C и/или t_o > 10°C)	Система гасителя с экономайзером обязательна	• Золотник 80 % .. 100 % и фиксированная частота 50/60 Hz • или золотник 100 % и переменная частота 25 .. 67 Hz
Работа за пределами заштрихованной области применения (t_c < 40°C и t_o < 10°C)	Опция: система гасителя экономайзера	• Золотник 80 % .. 100 % и фиксированная частота 50/60 Hz • или золотник 100 % и переменная частота 25 .. 67 Hz
	Опция: базовый гаситель пульсаций SD42 в ECO присоединении	• Золотник 80 % .. 100 % и фиксированная частота 50/60 Hz

Табл. 3: Компрессоры OS.A95 и OS.A105 в режиме ECO: рекомендуемые гасители пульсаций и их сочетание с регулированием производительности

Смотрите также:

- *ST-430*: Регулирование производительности винтовых компрессоров BITZER
- *ST-610*: Работа экономайзера с винтовыми компрессорами

Пуск и останов в многокомпрессорных системах

- Если **один** компрессор работает с преобразователем частоты: Запустите компрессор, как описано выше, затем при необходимости запустите компрессор без преобразователя частоты, как обычно. Для останова сначала выключите компрессор без преобразователя частоты, затем остановите компрессор с преобразователем частоты, как описано выше.
- Многокомпрессорная система с преобразователем частоты на **каждом** компрессоре: Используйте последовательности пуска и останова, как описано выше. Компрессоры запускаются один за другим, в зависимости от управления многокомпрессорной системой.

7.3 Частота циклов и минимальное время работы

В отличие от прямого пуска, пуск с помощью преобразователя частоты не приводит к увеличению тепловой нагрузки на мотор. Это позволяет увеличить количество пусков компрессора: **Возможно до 12 запусков в час** , независимо от компрессора или мотора. (При других методах пуска возможно максимум 4 .. 8 пусков в час, см. инструкцию по эксплуатации).

Минимальное время работы компрессоров должно составлять **5 мин**, это не зависит от метода пуска. Возможны одиночные более короткие рабочие циклы, но следует избегать работы с повторяющимися более короткими рабочими циклами, чтобы предотвратить недостаток масла в компрессоре.

При работе с преобразователем частоты золотник регулирования производительности не нужно полностью разгружать перед следующим пуском. Следовательно, минимальное время останова также может быть значительно короче. Однако необходимо, по крайней мере, убедиться, что компрессор полностью остановился и отсутствует обратное вращение.

7.4 Расширительные клапаны с электронным управлением и преобразователи частоты

Важным условием бесперебойной работы холодильных установок, в которых мощность компрессоров контролируется преобразователями частоты (ПЧ), является правильная настройка контроллеров. Если в холодильной установке или тепловом насосе используются различные электронные контроллеры (например, расширительные клапаны с электронным управлением или регуляторы давления) с заводскими настройками по умолчанию (т. е. без изменений), то это зачастую приводит к сбоям в работе и даже к поломкам компрессоров:

- в заводских настройках преобразователей частоты для компрессоров со встроенным электродвигателем часто устанавливается очень короткое время запуска и снижения частоты вращения до полной остановки. Механические узлы компрессоров без проблем переносят резкие повышения частоты вращения, благодаря чему обеспечивается их достаточная смазка.
- Однако, в случае расширительных клапанов с электронным управлением на заводе часто устанавливается значительно более длительное время открывания и закрывания клапана. Благодаря этой мере у большей части испарителей эффективно предотвращается наложение вибраций испарителя и расширительного клапана (так наз. «прыгание»).

К сожалению, сочетание этих двух основных настроек приводит к проблемам в работе при простом управлении со стороны контроллера установки: если производительность компрессора снижается намного быстрее, чем впрыскиваемое количество в испаритель, то возможна ситуация, когда неиспарившийся, т. е. жидкий хладагент попадает внутрь компрессора. Если компрессор запускается быстро, а расширительный клапан открывается медленно, то давление всасывания будет падать очень резко и, возможно, сработает реле низкого давления — в этом случае жидкий хладагент в компрессоре сильно разбавит масло и приведет к повреждениям компрессора.

- Решением этой проблемы является программирование времени открывания и закрывания расширительного клапана, а также программирование повышения и снижения мощности компрессора в контроллере установки с настройкой короткого времени срабатывания ПЧ и расширительного клапана. Таким образом, контроллер установки определяет настройки времени, и эти настройки можно устанавливать поразному для разных применений, где требуется регулирование, для процессов откачки и т. д.
- Еще одна возможность — максимально сократить время работы расширительного клапана, не нарушая стабильность работы испарителя, и установить более длительное время срабатывания на преобразователе частоты компрессора для регулировки частоты вращения выше минимального значения. Благодаря этому обеспечивается оптимальное регулирование испарителя клапаном при изменении частоты вращения компрессора. Разумеется, для каждого отдельного случая следует настраивать подходящие варианты регулирования.