

ST-420-5 RUS

Einsatz von externen Frequenzumrichtern bei BITZER Schraubenverdichtern

Deutsch 2

Operation of BITZER screw compressors with external frequency inverters

English..... 31

Использование внешних преобразователей частоты с винтовыми компрессорами BITZER

Русский 59

CSH65 .. 96

CSW65 .. 105

HSK53 .. 95

HSN53 .. 95

OSK53 .. 85

OSKA53 .. 95

OSN53 .. 85

OSNA53 .. 95

PDF Download // 09.2022

Änderungen vorbehalten

Subject to change

Может быть изменено

BITZER Kühlmaschinenbau GmbH

Peter-Schaufler-Platz 1 // 71065 Sindelfingen // Germany

Tel +49 7031 932-0 // Fax +49 7031 932-147

bitzer@bitzer.de // www.bitzer.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Sicherheit	5
3	Betrieb mit Frequenzumrichter	6
3.1	Kälteleistung und Anlageneffizienz	6
3.2	Anwendungsbereiche	7
4	Auswahl	11
4.1	Auswahl mit der BITZER SOFTWARE	11
4.2	Verdichtermotoren	15
4.3	Zu beachten bei offenen Verdichtern	17
4.4	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	19
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	21
7.1	Konfiguration des Frequenzumrichters	21
7.2	Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen	23
7.3	Schalzhäufigkeit und Mindestlaufzeiten	30

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 Medientvorlauftemperatur 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. Medientvorlauftemperatur ($\pm 0,5$ K möglich) durch stufenlose Regelung, höhere mittlere effektive Verdampfungstemperatur und dadurch höhere Effizienz sowie z.B. geringere Entfeuchtung unverpackter Lebensmittel und Rohstoffe

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

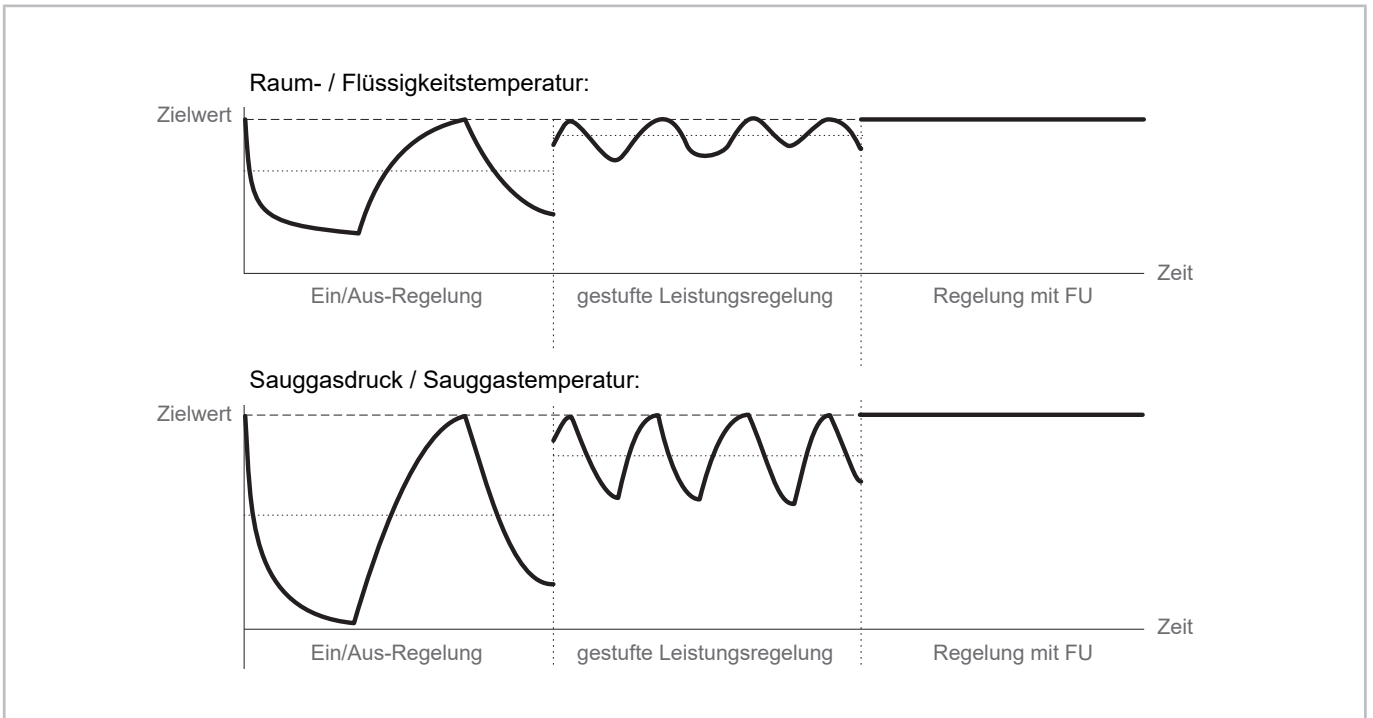


Abb. 1: Leistungsregelung mit Frequenzumrichter (FU) im Vergleich zur Ein/Aus- und gestuften mechanischen Leistungsregelung

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

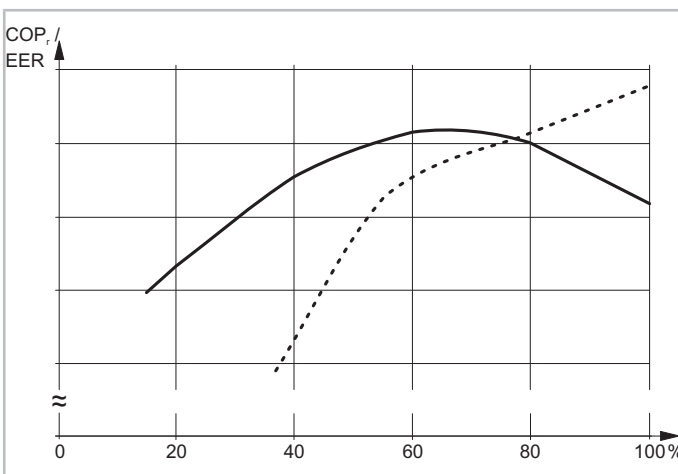


Abb. 2: Vergleich der Leistungsregelungs-Effizienzcharakteristik von Schraubenverdichtern mit Schieberregelung vs. Frequenzumrichter (FU): Leistungszahl COP/EER (Verhältnis Kälteleistung zu aufgenommener Leistung) in Abhängigkeit von der Last.

Gepunktete Kurve: CSW mit Schieberregelung, Verdichterserie ist optimiert für Volllast-COP/EER.

Durchgezogene Kurve: CSW mit FU-Regelung, Verdichterserie ist optimiert für Teillast-COP/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/EER und hoher Teillasteffizienz ist bei der Auslegung ein Kompromiss erforderlich.

Zusätzlich folgende technische Dokumente beachten

SB-100: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.53 .. HS.74

SB-110: Betriebsanleitung Halbhermetische Schraubenverdichter HS.85 und HS.95

SB-170: Betriebsanleitung Halbhermetische Kompaktschraubenverdichter CS.

SB-500: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.53 .. OS.74

SB-510: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.85

SB-520: Betriebsanleitung Offene Schraubenverdichter OS.95

CB-110: Betriebsanleitung 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.

Beispielnormen: 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 (*siehe Kapitel Anwendungsbereiche, Seite 7*).

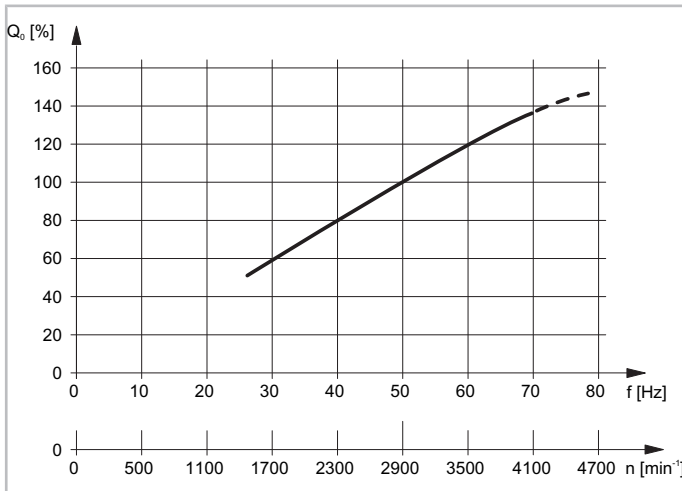


Abb. 4: Typischer Verlauf der Kälteleistung Q_0 in Abhängigkeit von Drehzahl und Frequenz bei Schraubenverdichtern

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 Vollast 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 Profildbereich
- 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	
HS.95	20 .. 60	1200 .. 3500	
HSNP74, HSNP85	20 .. 70	1200 .. 4100	
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	

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. Spannungsmotoren 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.

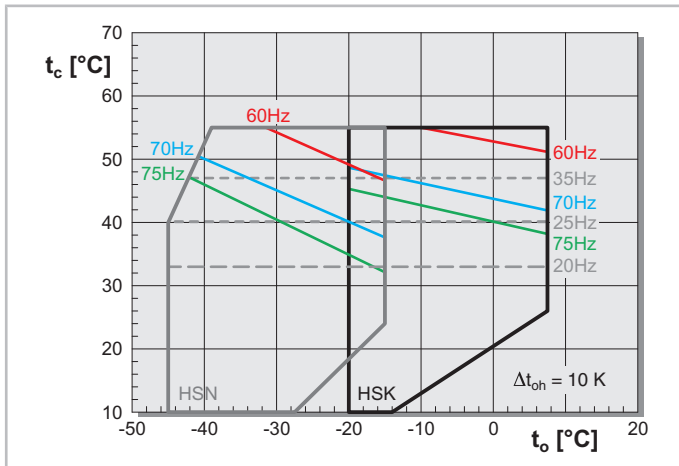


Abb. 5: Beispiel für Einsatzgrenzen von Schraubenverdichter HS.64 mit Frequenzumrichter und Kältemittel R404A. Der Verdichter darf jeweils nur im Bereich **unterhalb** der angegebenen Frequenzlinien betrieben werden.

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 (siehe Betriebsanleitung [SB-160](#)).

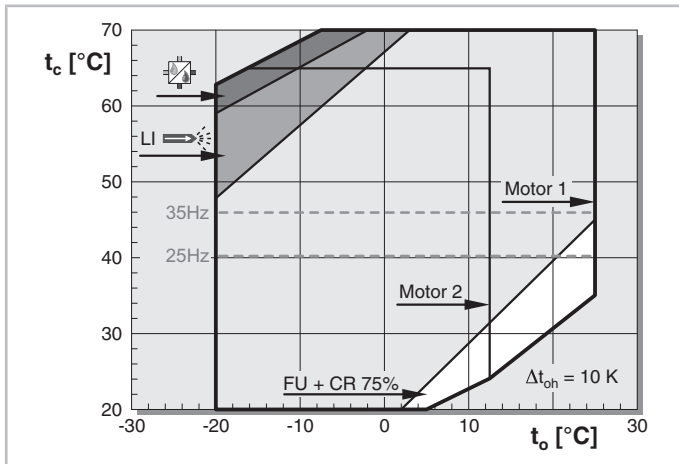


Abb. 6: Beispiel für Einsatzgrenzen von Schraubenverdichter CSH mit Frequenzumrichter (FU) und Kältemittel R134a. Der Verdichter darf jeweils nur im Bereich **unterhalb** der angegebenen Frequenzlinien betrieben werden.

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 (*siehe Seite 23*).

4 Auswahl


4.1 Auswahl mit der BITZER SOFTWARE

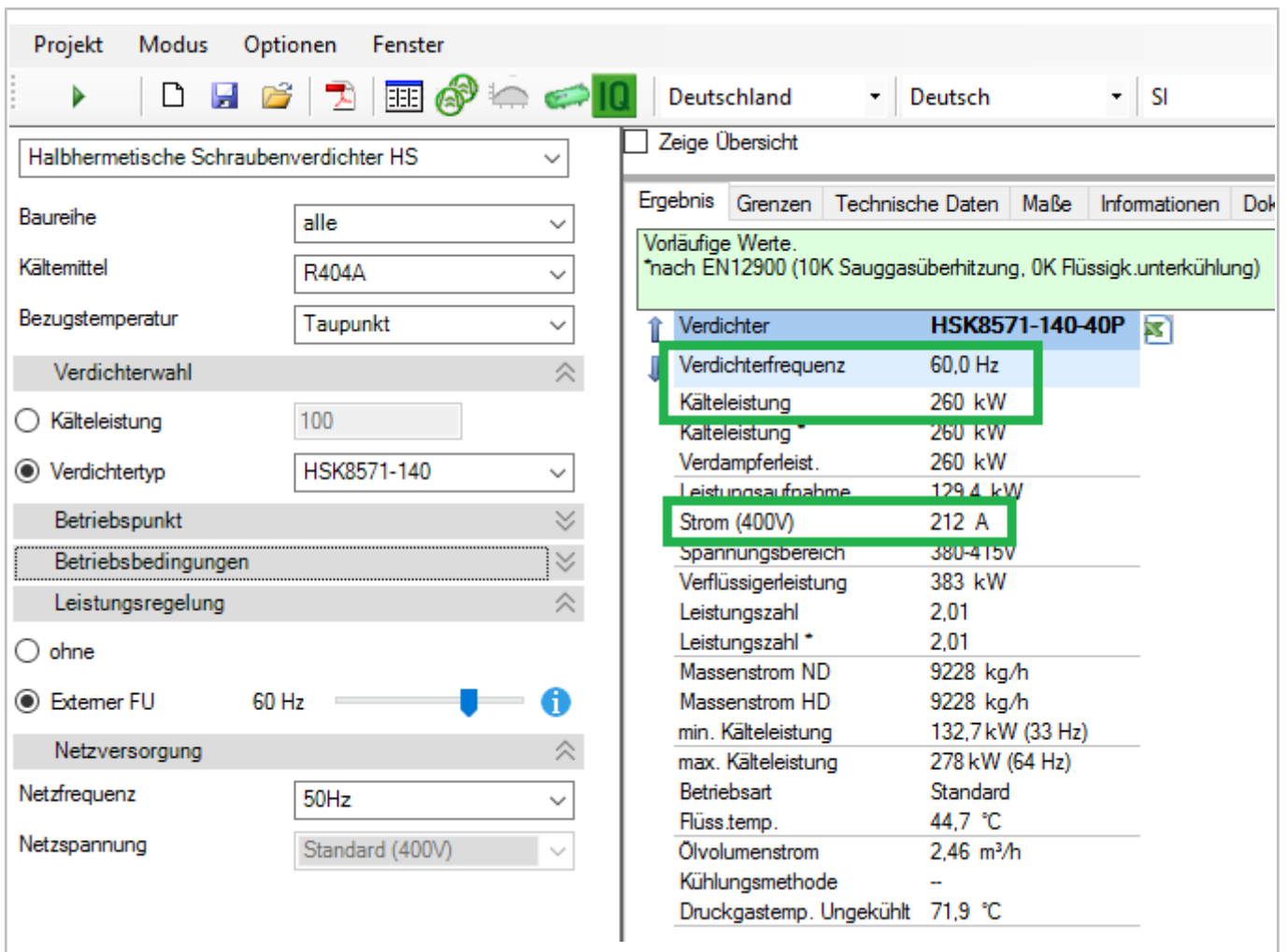


Information

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 (*siehe Kapitel Verdichtermotoren, Seite 15*). Wird einer dieser Verdichter ausgewählt, gibt die Software Frequenz, Kälteleistung und Stromaufnahme (Spannung) aus:



The screenshot shows the Bitzer software interface with the following settings and results:

- Projekt:** Deutschland, Deutsch, SI
- Verdichterwahl:** Halbhermetische Schraubenverdichter HS
- Baureihe:** alle
- Kältemittel:** R404A
- Bezugstemperatur:** Taupunkt
- Verdichtertyp:** HSK8571-140
- Externer FU:** 60 Hz
- Netzversorgung:** 50Hz, Standard (400V)

Zeige Übersicht (checked)

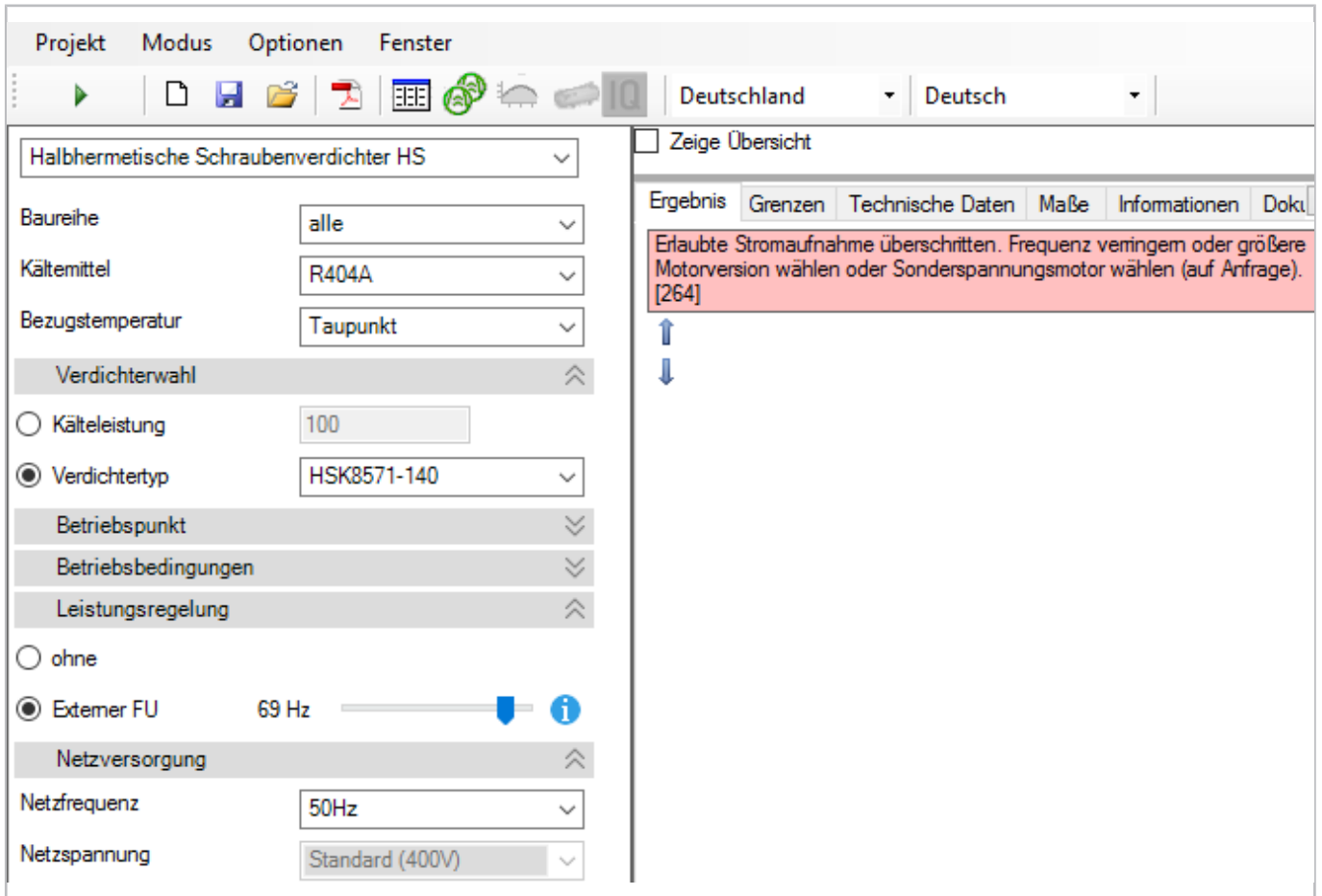
Ergebnis | Grenzen | Technische Daten | Maße | Informationen | Dok

Vorläufige Werte.
*nach EN12900 (10K Sauggasüberhitzung, 0K Flüssigk. unterkühlung)

Verdichter	HSK8571-140-40P
Verdichterfrequenz	60,0 Hz
Kälteleistung	260 kW
Kälteleistung *	260 kW
Verdampferleist.	260 kW
Leistungsaufnahme	129,4 kW
Strom (400V)	212 A
Spannungsbereich	380-415V
Verflüssigerleistung	383 kW
Leistungszahl	2,01
Leistungszahl *	2,01
Massenstrom ND	9228 kg/h
Massenstrom HD	9228 kg/h
min. Kälteleistung	132,7 kW (33 Hz)
max. Kälteleistung	278 kW (64 Hz)
Betriebsart	Standard
Flüss.temp.	44,7 °C
Ölvolumenstrom	2,46 m ³ /h
Kühlungsmethode	--
Druckgastemp. Ungekühlt	71,9 °C

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 (*siehe Kapitel Verdichtermotoren, Seite 15*) erhältlich. Die Berechnung von Sonderspannungsmotoren für FU-Betrieb ist allerdings nicht in der BITZER SOFTWARE implementiert und erfolgt auf Anfrage.



The screenshot shows the Bitzer software interface with the following settings:

- Projekt: Modus Optionen Fenster
- Deutschland | Deutsch
- Halbhermetische Schraubenverdichter HS
- Baureihe: alle
- Kältemittel: R404A
- Bezugstemperatur: Taupunkt
- Verdichterwahl
- Kälteleistung: 100
- Verdichtertyp: HSK8571-140
- Betriebspunkt
- Betriebsbedingungen
- Leistungsregelung
- ohne
- Extemer FU: 69 Hz
- Netzversorgung
- Netzfrequenz: 50Hz
- Netzspannung: Standard (400V)

On the right side, a warning message is displayed in a red box:

Erlaubte Stromaufnahme überschritten. Frequenz verringern oder größere Motorversion wählen oder Sonderspannungsmotor wählen (auf Anfrage). [264]

Below the message are up and down arrow icons.

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 die Schaltfläche für das Zubehörmodul klicken.



Information

Die Schaltfläche für das Zubehörmodul wird erst nach einer zuvor erfolgten Berechnung aktiv!

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

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

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

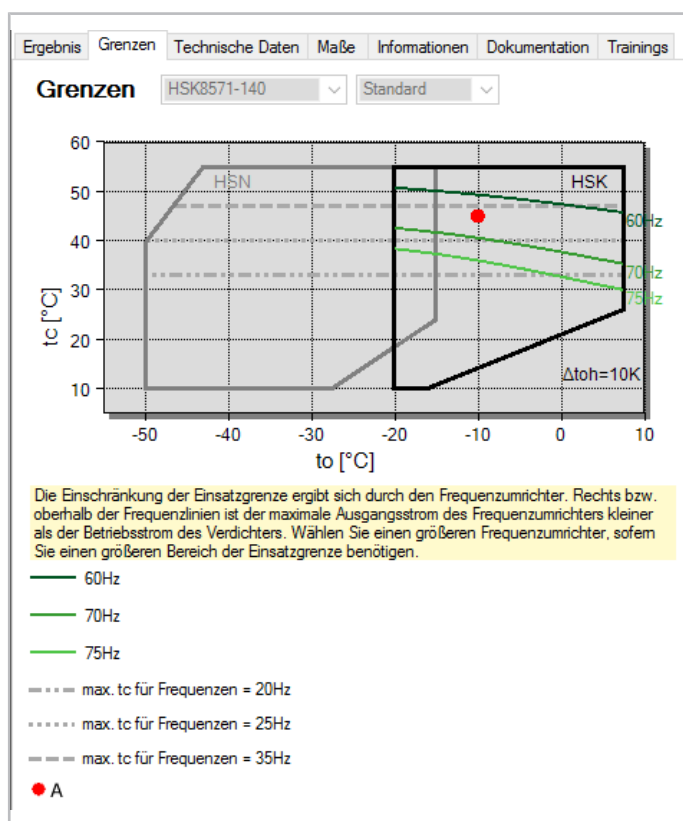


Abb. 9: Visualisierung der Einsatzgrenzen mit Frequenzumrichter in der BITZER SOFTWARE.

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):

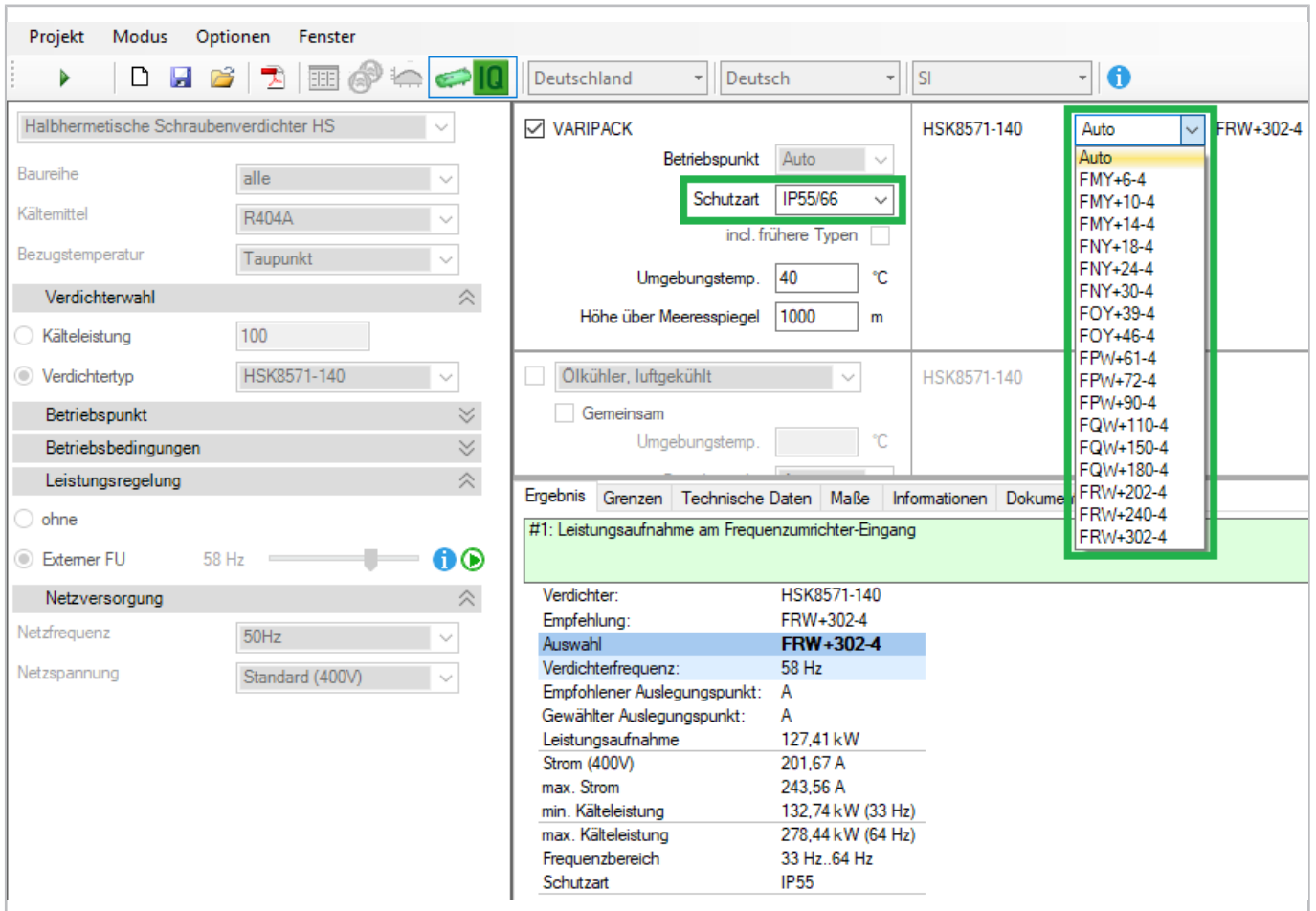


Abb. 10: Menü zur Wahl des VARIPACK Frequenzumrichters im Zubehörmodul der BITZER SOFTWARE.

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

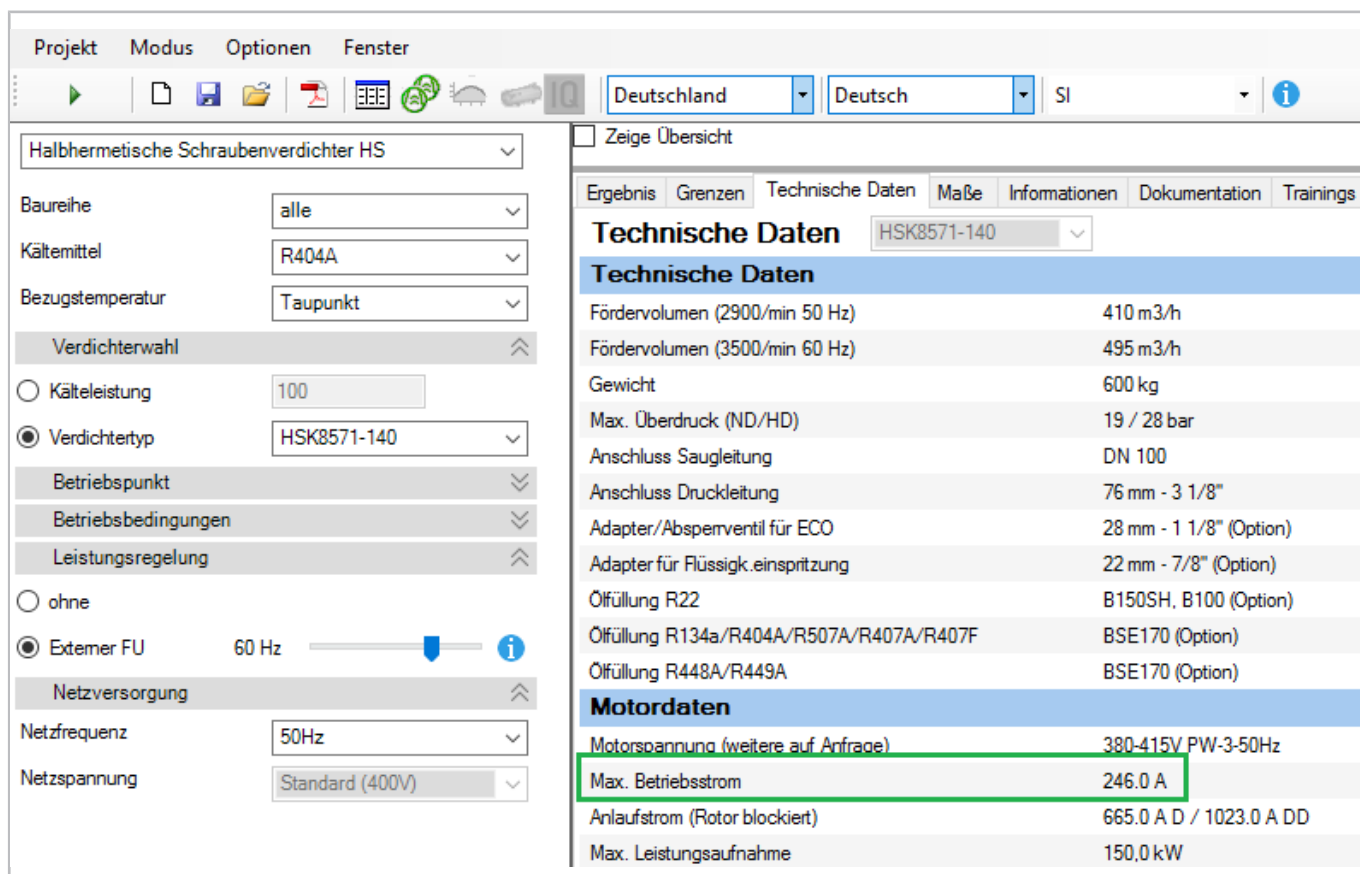
Schritt 2b: Frequenzumrichter eines anderen Herstellers wählen

- ▶ Mindestens 10% Reserve für Betriebsstrom einplanen

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

- ▶ Überlastfähigkeit für Verdichteranlauf berücksichtigen

Zusätzlich muss ein Ausgleichsfaktor F_c für den Strom beim Verdichteranlauf berücksichtigt werden. 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.



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

- Project/Modus/Optionen/Fenster:** Deutschland, Deutsch, SI
- Compressor Model:** Halbhermetische Schraubenverdichter HS
- Configuration:**
 - Baureihe: alle
 - Kältemittel: R404A
 - Bezugstemperatur: Taupunkt
 - Verdichtertyp: HSK8571-140
 - Extemer FU: 60 Hz
 - Netzspannung: Standard (400V)
- Technical Data (Technische Daten):**

Fördervolumen (2900/min 50 Hz)	410 m ³ /h
Fördervolumen (3500/min 60 Hz)	495 m ³ /h
Gewicht	600 kg
Max. Überdruck (ND/HD)	19 / 28 bar
Anschluss Saugleitung	DN 100
Anschluss Druckleitung	76 mm - 3 1/8"
Adapter/Absperrventil für ECO	28 mm - 1 1/8" (Option)
Adapter für Flüssigk.einspritzung	22 mm - 7/8" (Option)
Öfüllung R22	B150SH, B100 (Option)
Öfüllung R134a/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE170 (Option)
Öfüllung R448A/R449A	BSE170 (Option)
- Motor Data (Motordaten):**

Motorspannung (weitere auf Anfrage)	380-415V PW-3-50Hz
Max. Betriebsstrom	246.0 A
Anlaufstrom (Rotor blockiert)	665.0 A D / 1023.0 A DD
Max. Leistungsaufnahme	150.0 kW

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 Statorfeld und das Moment werden geschwächt.

Das bedeutet: Beim Anheben der Frequenz über die Synchrondrehzahl fällt das Spannungs-Frequenz-Verhältnis U/f . Da das vom Verdichter benötigte Moment konstant bleibt, wird die Stromaufnahme des Motors ansteigen (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).

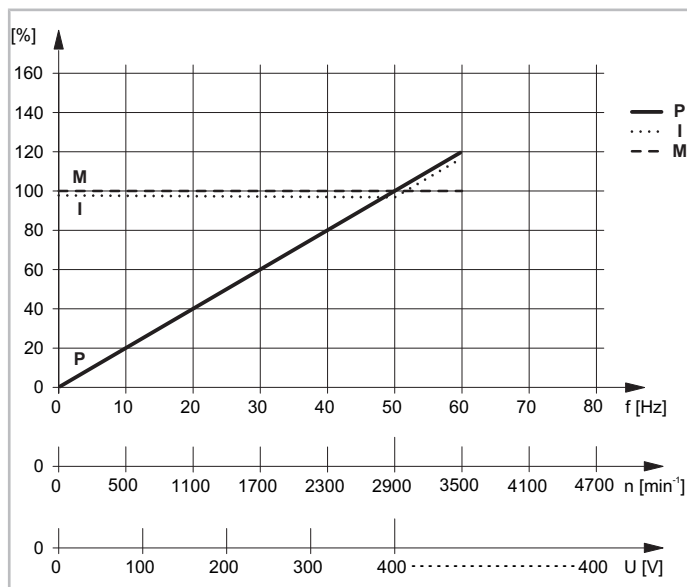


Abb. 12: Betriebscharakteristik eines Verdichtermotors bei Betrieb mit Frequenzumrichter (400 V/3/50 Hz) mit Reserve.

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.

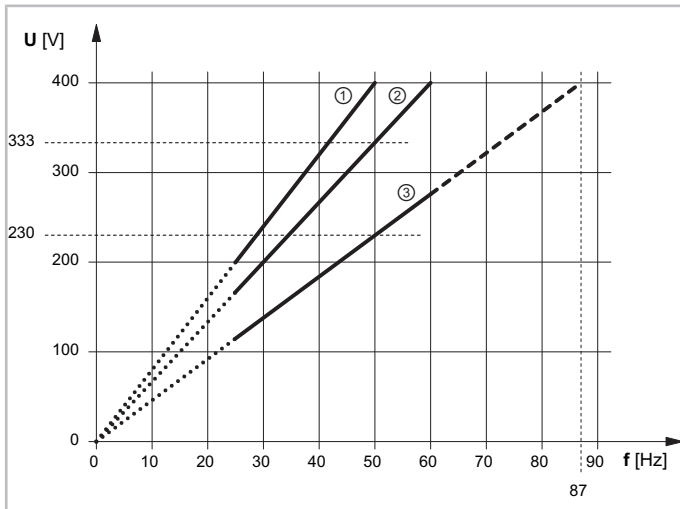


Abb. 13: Spannungsanstieg über der Frequenz bei verschiedenen Motoren am Beispiel von CS. Schraubenverdichtern.

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 (*siehe Kapitel Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen, Seite 23*).

5 Geeignete Schutzeinrichtungen

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

- Schutzgerät SE-E5, Details siehe Technische Information [CT-120](#)
- Schutzgerät SE-i1, Details siehe Technische Information [CT-110](#)
- Verdichtermodule CM-SW-01, Details siehe Technische Information [ST-150](#)

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, siehe Betriebsanleitung [CB-110](#). Dort sind auch der elektrische Anschluss sowie die Steuer- und Regelfunktionen beschrieben.
- Prinzipschaltbilder für verschiedene Verdichter mit Frequenzumrichtern sind in der Technischen Information [AT-300](#) zusammengestellt.

Weitere Informationen siehe auch ASERCOM Guidelines "[Empfehlungen zum Betrieb von Frequenzumrichtern mit Kältemittelverdichtern](#)", Kapitel 6.

Auslieferungszustand Verdichter:



VORSICHT

Der Verdichter ist mit Schutzgas gefüllt: Überdruck 0,5 .. 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!



HINWEIS

Beschädigung oder Ausfall des Verdichtermotors möglich!
 An die Klemmen von CN7 bis CN12 keine Spannung anlegen – auch nicht zum Prüfen!
 An die Klemmen von CN13 maximal 10 V anlegen!
 An die Klemme 3 von CN14 maximal 24 V, an die anderen Klemmen keine Spannung anlegen!

Bei Arbeiten am Frequenzumrichter (FU):



GEFAHR

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



Den kompletten Frequenzumrichter permanent erden und Erdungskontakte regelmäßig überprüfen!
 Vor jedem Eingriff in das Gerät die ordnungsgemäße Isolierung aller Spannungsanschlüsse überprüfen!



HINWEIS

Betrieb des Frequenzumrichters bei überhöhter Temperatur führt zu Überlastung und reduzierter Lebensdauer!
 Maximale Umgebungstemperatur am Aufstellungsort berücksichtigen.
 Mindestabstände für die Belüftung einhalten.

6.1 Kabelführung

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

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

6.2 Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte

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

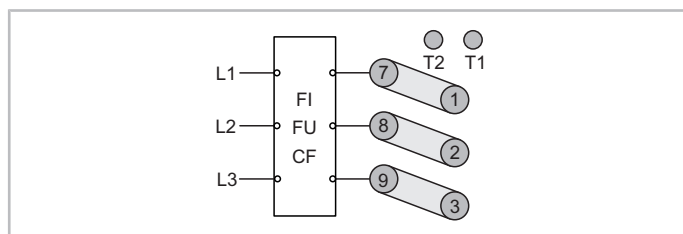


Abb. 14: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Schraubenverdichter
 HS.85 / CS.85: Teilwicklungsmotor im Direktanlauf
 HS.95 / CS.95: Stern-Dreieck-Motor in Dreieckschaltung

HS.64 .. 74 / CS.75

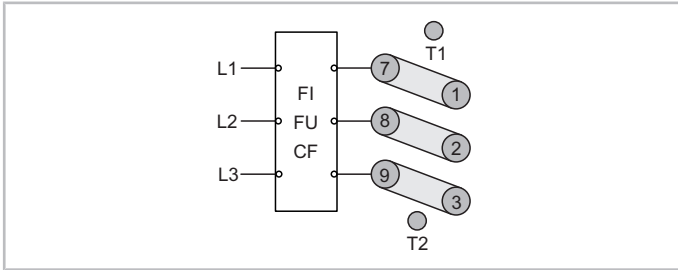


Abb. 15: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Schraubenverdichter HS.64 .. 74 und CS.75, Teilwicklungsmotor im Direktanlauf

HS.53 / CS.65

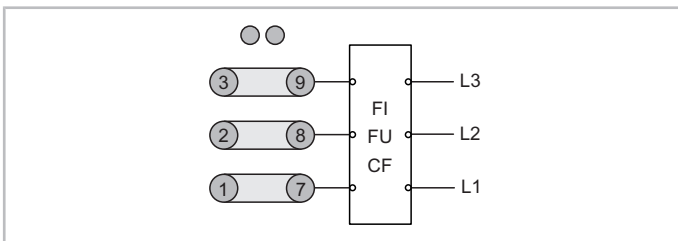


Abb. 16: Motoranschlüsse an der Stromdurchführungsplatte bei Betrieb mit externem Frequenzumrichter (FU) für Schraubenverdichter HS.53 und CS.65, Teilwicklungsmotor im Direktanlauf

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!

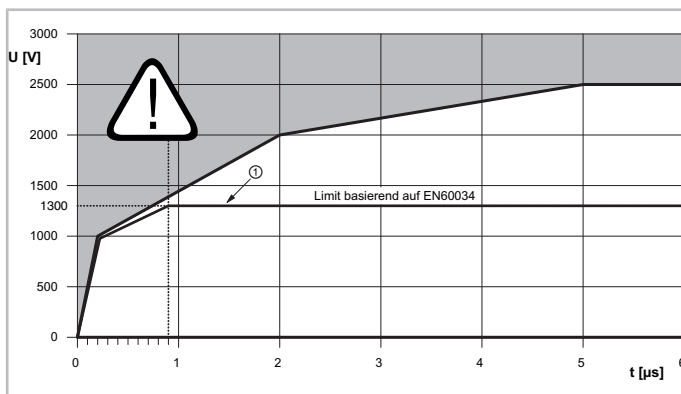


Abb. 17: Grenzen des Spannungsanstiegs an den Motorklemmen. Weiß hinterlegt: zulässiger Bereich.

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

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

Schwingungen



HINWEIS

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

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

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

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

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

Bei weiteren Fragen bitte BITZER kontaktieren.

7.2 Empfohlene Anlauf- und Stopsequenzen



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 (siehe Seite 22).

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:

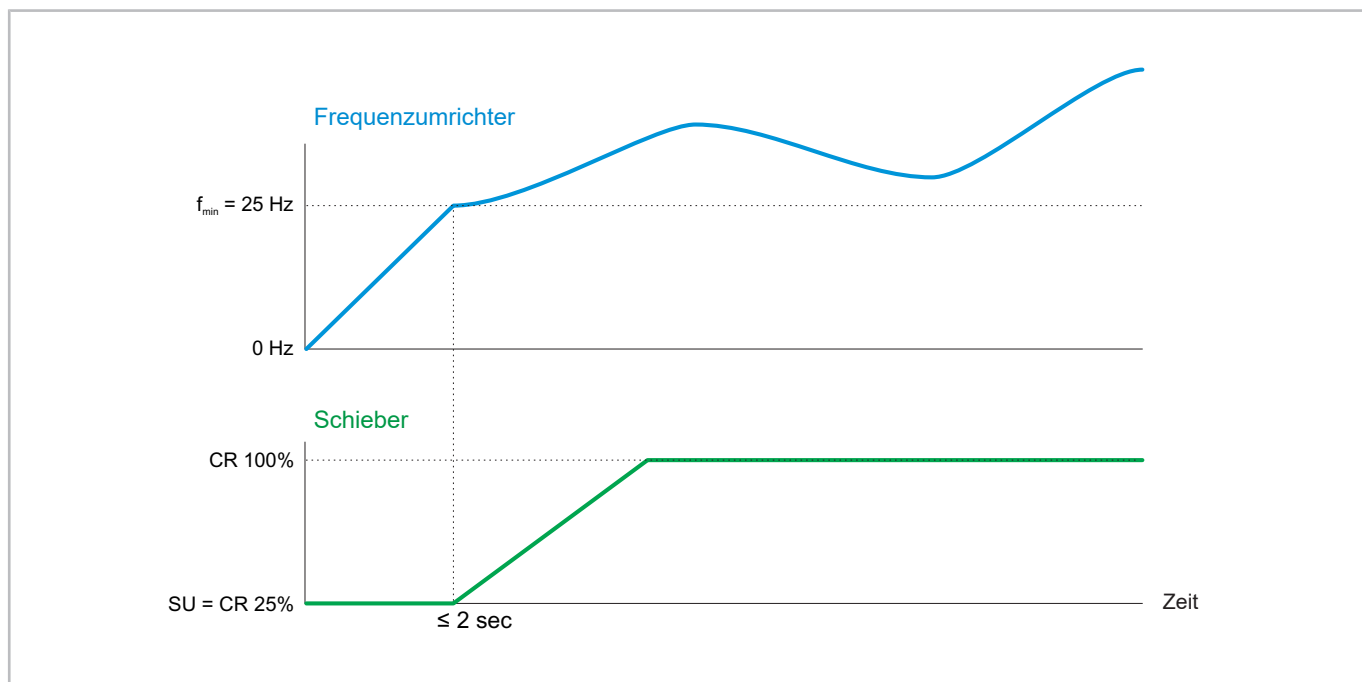
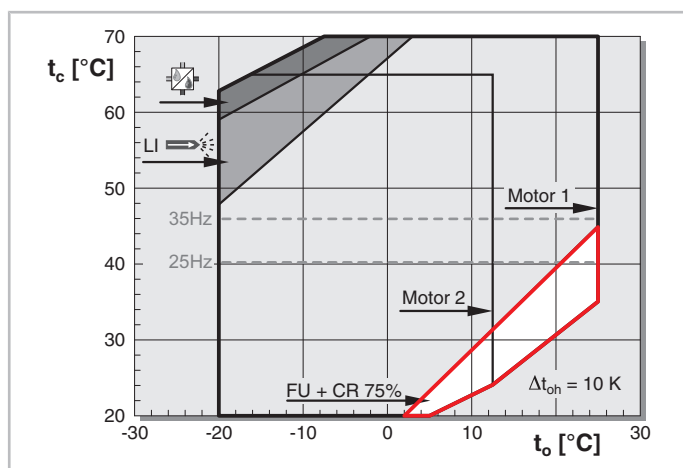


Abb. 18: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter CS.65 .. 95 mit Frequenzumrichter (FU). CR-Schieber entlastet anfahren, FU in max. 2 sec auf Minimaldrehzahl von 25 Hz bringen, dann CR-Magnetventile zuschalten bis 100% (siehe Betriebsanleitung [SB-170](#), zum Anlauf/Stop ist jeweils nur Ventil CR3 unter 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:

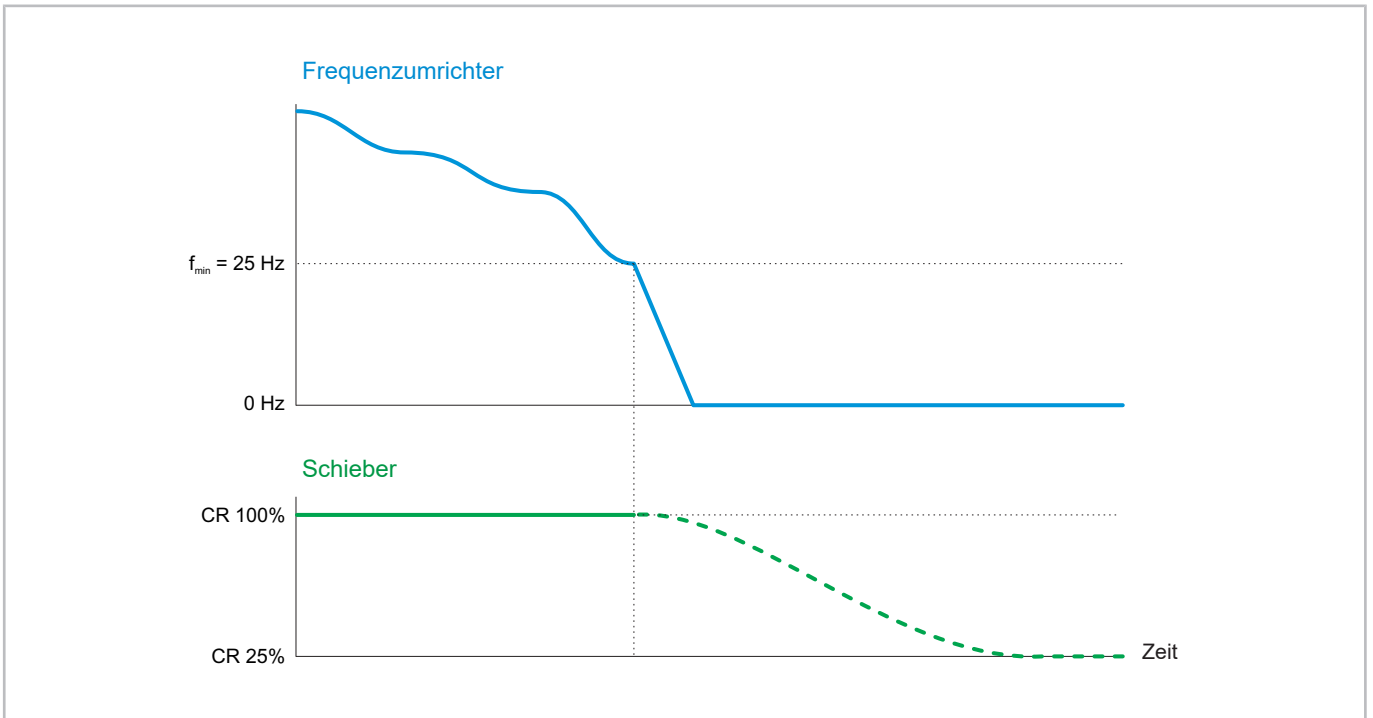


Abb. 19: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter CS.65 .. 95 mit Frequenzumrichter (FU). Nach Ausschalten des FU fährt der CR-Schieber innerhalb von ca. 5 min passiv auf 25% zurück, Ventil CR3 bleibt unter Spannung (siehe Betriebsanleitung [SB-170](#)).

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

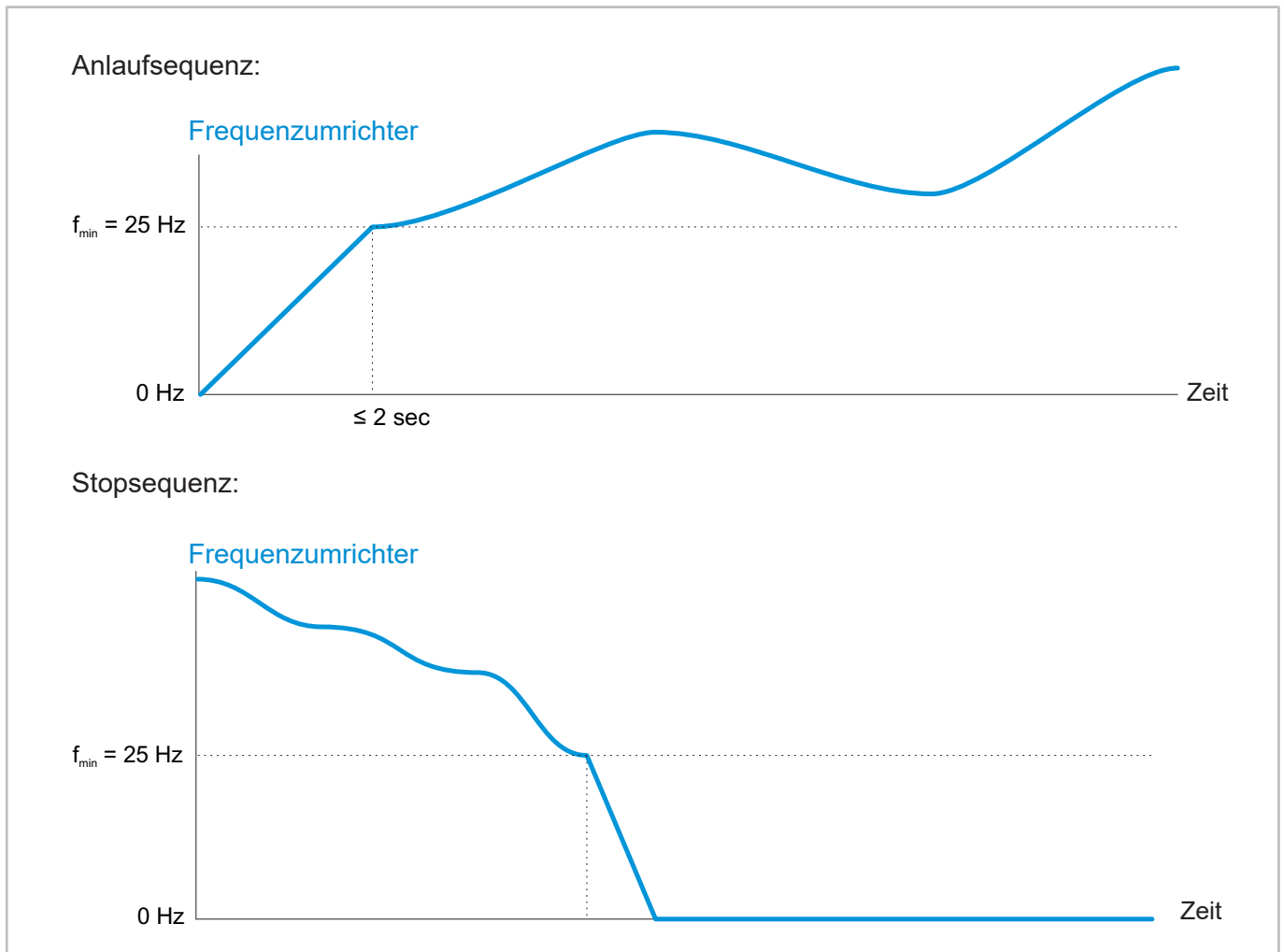


Abb. 20: Empfohlene Anlauf- und Stopsequenz für Verdichter CS.105 und HS.95 mit Frequenzumrichter (FU) und Verdichtermodule CM-SW-01 im "Frequenzumrichter"-Modus. Das Modul übernimmt das Ölmanagement und steuert auch die CR-Magnetventile zur Leistungsregelung an (siehe Betriebsanleitungen [SB-170](#)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

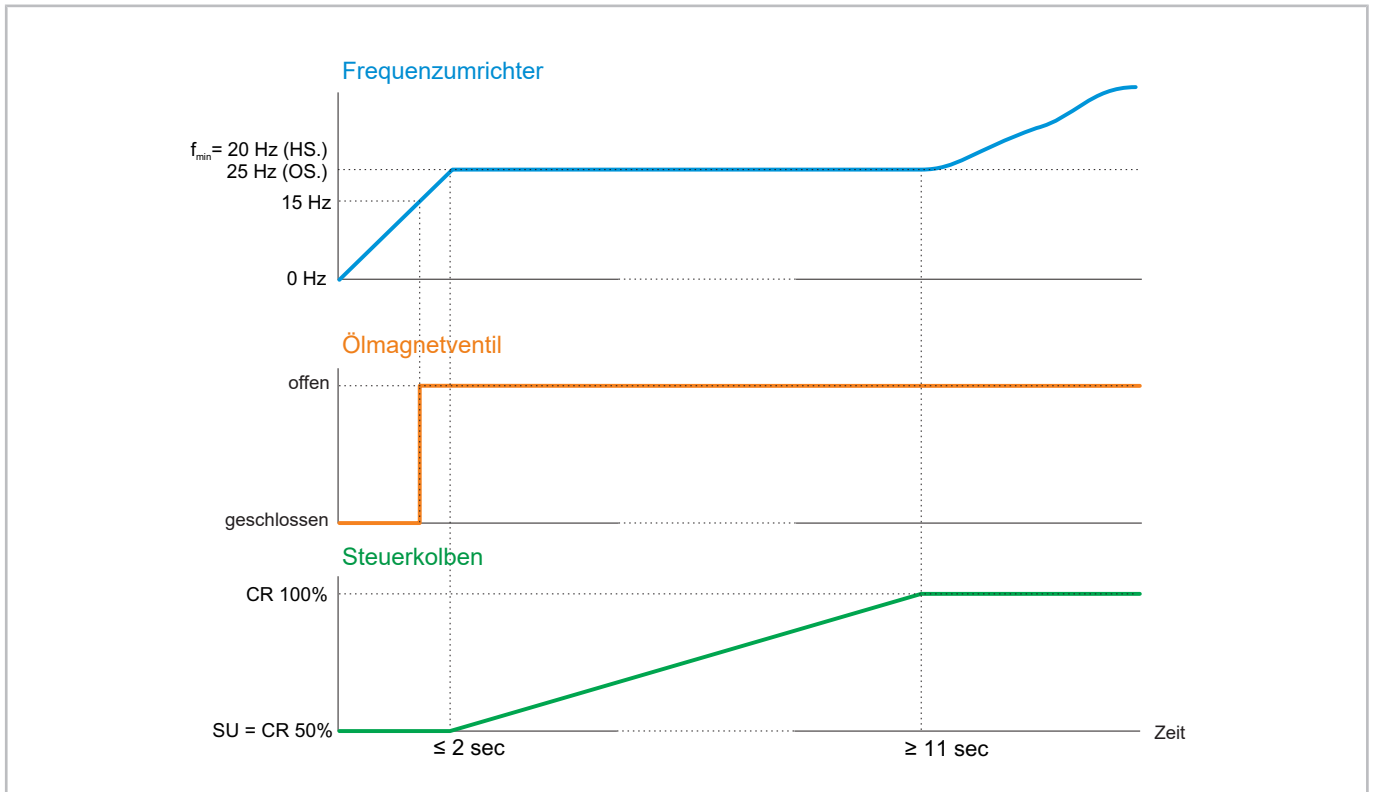


Abb. 21: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 mit Frequenzumrichter (FU). Steuerkolben entlastet anfahren, Ölmagnetventil öffnen, sobald der FU 15 Hz erreicht. Bei Erreichen der Mindestdrehzahl (20 Hz für HS., 25 Hz für OS.) Steuerkolben zuschalten auf 100% (siehe Betriebsanleitung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

Stopsequenz:

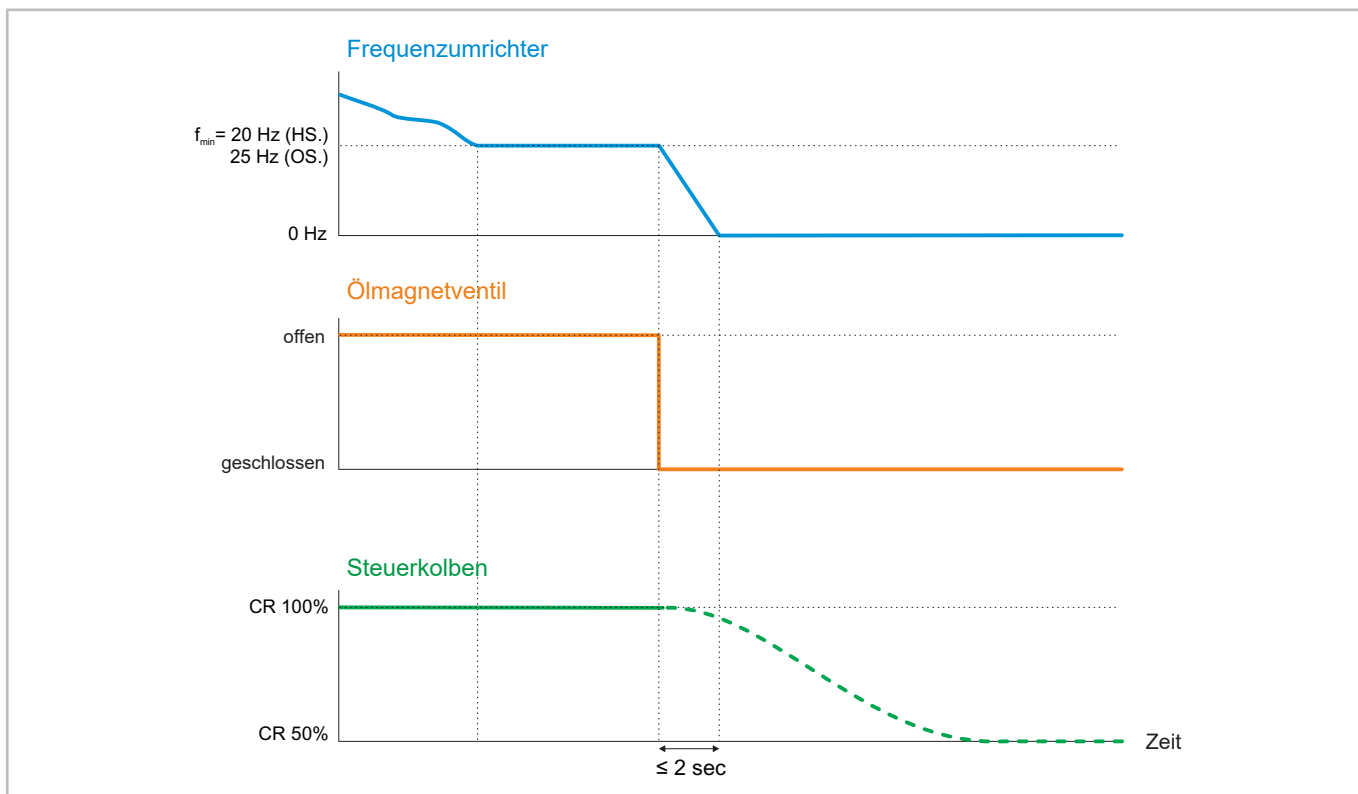


Abb. 22: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 mit Frequenzumrichter (FU). Nach Ausschalten des FU fahren die Steuerkolben passiv auf 50% zurück.

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

Anlaufsequenz:

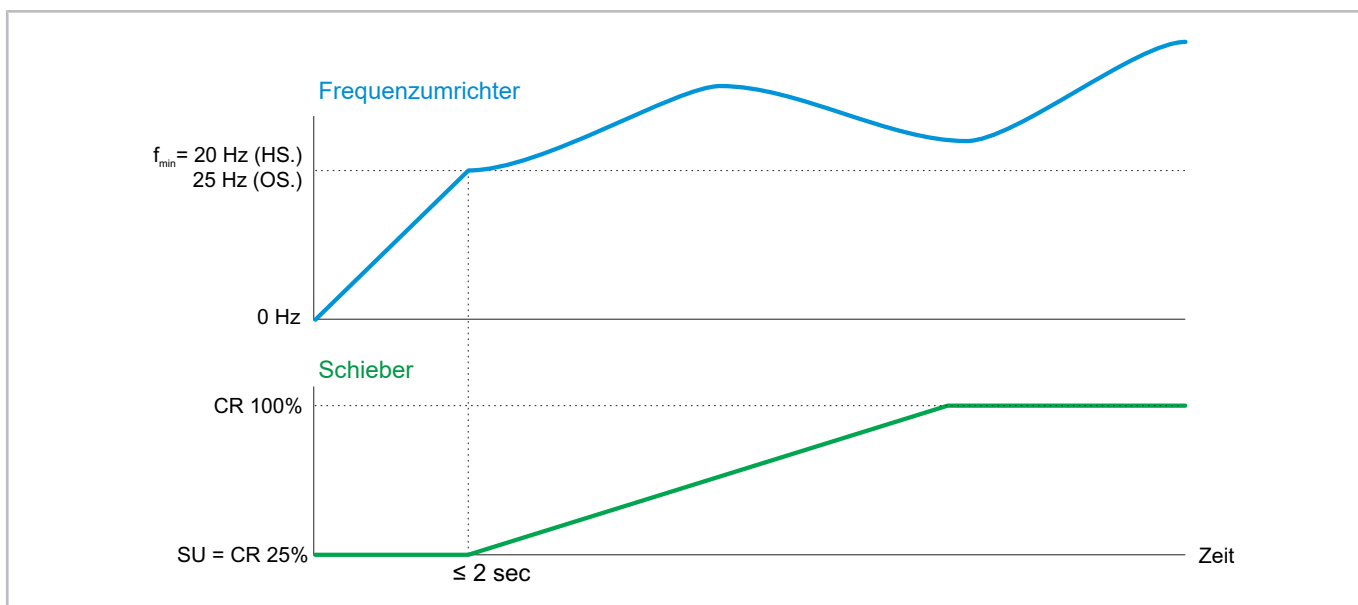


Abb. 23: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter HS.85 und OS.85 mit Frequenzumrichter (FU). CR-Schieber entlastet anfahren. Bei Erreichen der Mindestdrehzahl (20 Hz für HS., 25 Hz für OS.) die Magnetventile zuschalten auf 100%, wie in Betriebsanleitung *SB-110* bzw. *SB-510* beschrieben (CR4 bzw. Y4 taktend). Da die Verdichter mit einem integrierten Ölmanagementsystem ausgerüstet sind, muss hier keine Steuerfunktion für ein Ölmagnetventil berücksichtigt werden.

Stopsequenz:

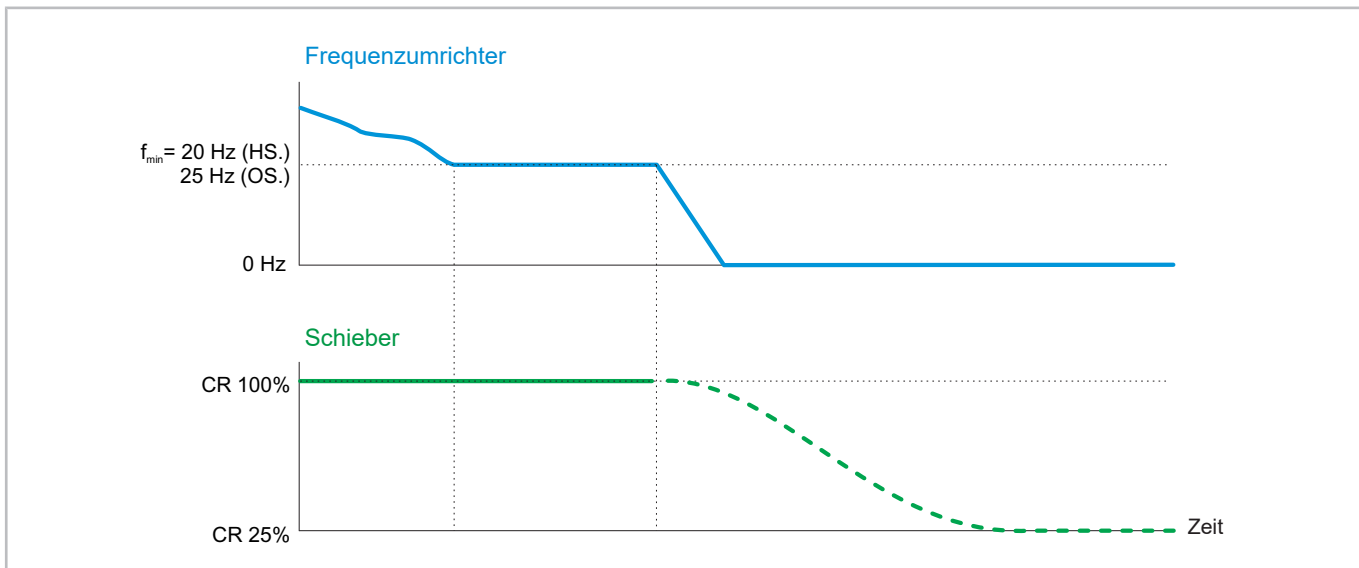


Abb. 24: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter HS.85 und OS.85 mit Frequenzumrichter (FU). Nach Ausschalten des FU fährt der CR-Schieber passiv auf 25% zurück.

Verdichter OS.A85 und OS.95 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:

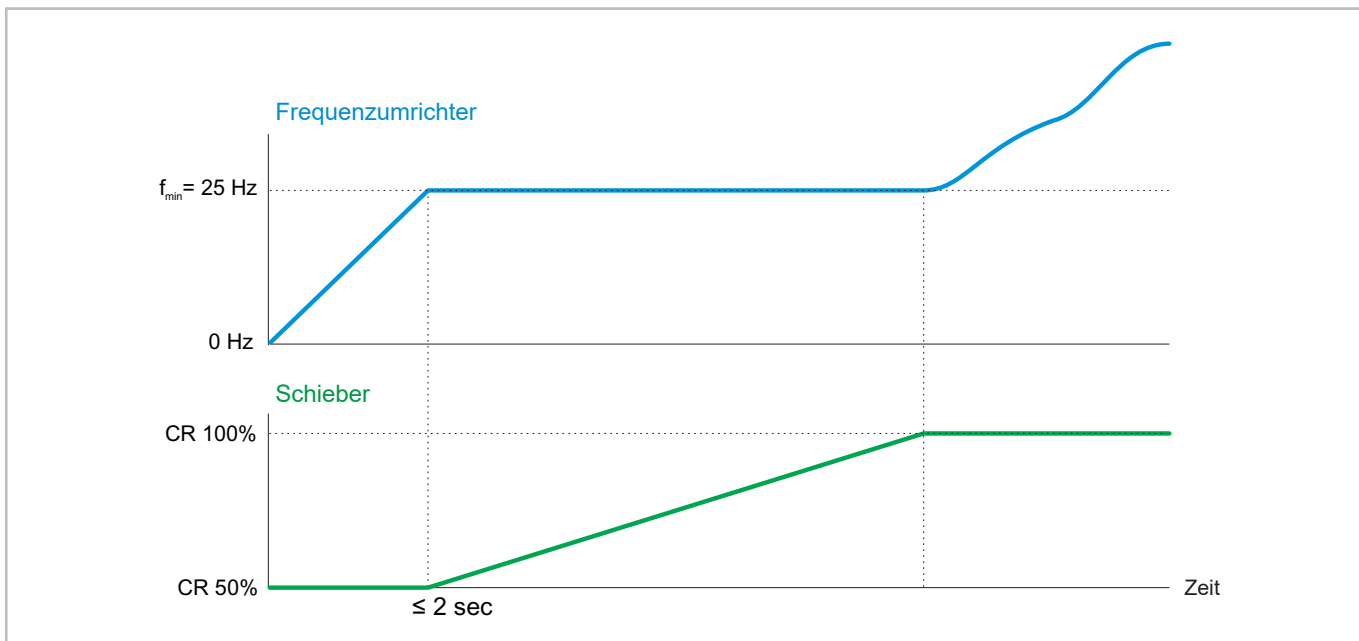


Abb. 25: Empfohlene Anlaufsequenz für Verdichter OS.A85 und OS.95 mit Frequenzumrichter (FU) und Verdichtermodule CM-SW-01. Das Modul übernimmt das Ölmanagement und steuert auch die CR-Magnetventile zur Leistungsregelung an (siehe Betriebsanleitung [SB-520](#)). Im "Frequenzumrichter"-Modus ist das Modul so voreingestellt, dass es zur Anlaufentlastung den Schieber nicht auf 25%, sondern mind. auf 50% stellt (50 .. 100% sind wählbar).

Stopsequenz:

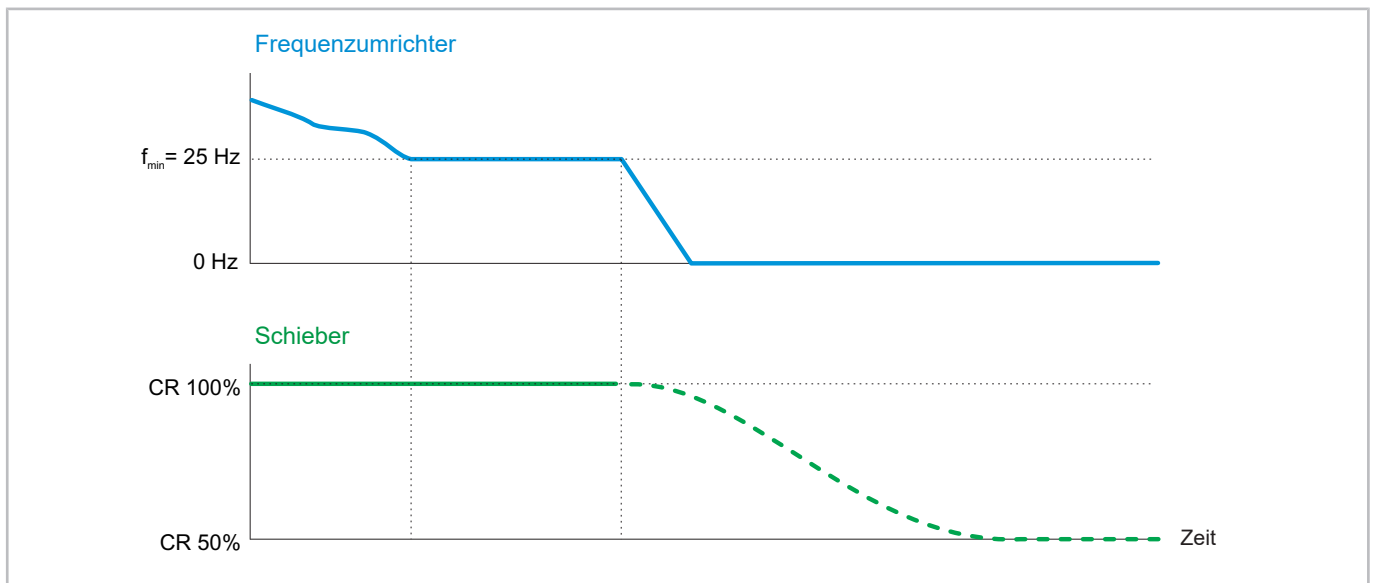


Abb. 26: Empfohlene Stopsequenz für Verdichter OS.A85 und OS.95 mit Frequenzumrichter (FU) und Verdichtermodule CM-SW-01. Das Modul übernimmt das Ölmanagement und steuert auch die CR-Magnetventile zur Leistungsregelung an (siehe Betriebsanleitung [SB-520](#)). Im "Frequenzumrichter"-Modus ist das Modul 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.

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.

Table of contents

1 Introduction	32
2 Safety	34
3 Operation with frequency inverter	35
3.1 Refrigerating capacity and system efficiency.....	35
3.2 Application range	36
4 Selection	39
4.1 Selection with the BITZER SOFTWARE	39
4.2 Compressor motors	43
4.3 To be observed for open drive compressors	45
4.4 Coils for capacity regulator	45
5 Suitable protection devices	46
6 Electrical installation of compressor and frequency inverter	46
6.1 Arrangement of the wiring.....	47
6.2 Motor terminals at the terminal plate	47
6.3 Voltage pulses at the motor terminals	48
6.4 Safety chain	49
6.5 Power factor correction.....	49
6.6 Residual current circuit breakers	49
7 Commissioning	49
7.1 Configuration of the frequency inverter.....	49
7.2 Recommended start and stop sequences	51
7.3 Cycling rate and minimum running times.....	58

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 ($\pm 0,5$ K possible) due to stepless control, higher average effective evaporation temperature and thus higher efficiency as well as e.g. lower dehumidification of unpacked foods and raw material

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

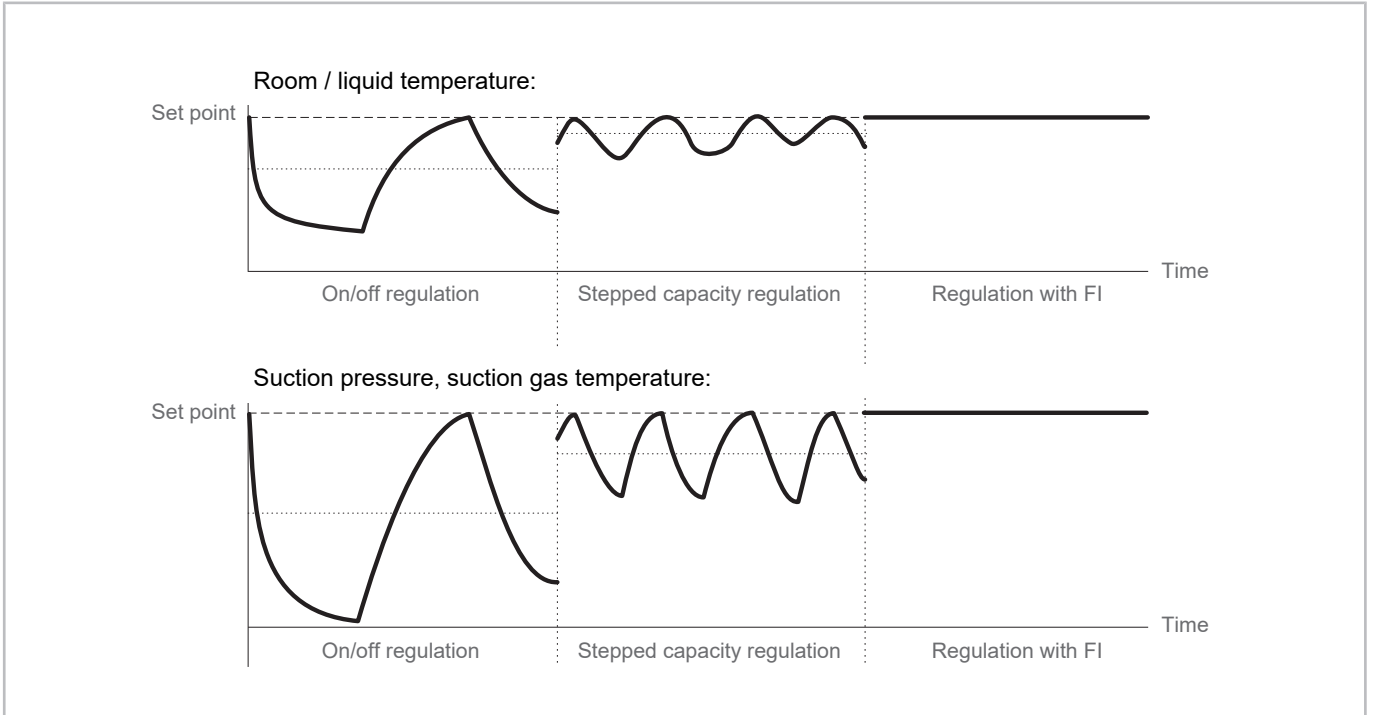


Fig. 1: Capacity control with frequency inverter (FI) compared to on/off and stepped mechanical regulation

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

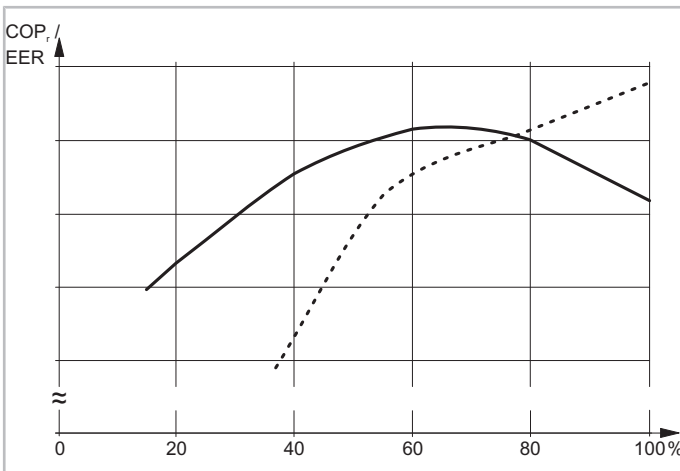


Fig. 2: Comparison of the capacity control efficiency characteristics of screw compressors with slider control vs. frequency inverter (FI): coefficient of performance COP/EER (ratio of refrigerating capacity to power absorbed) as a function of the load.

Dotted line: CSW with slider control, compressor series is optimized for full load COP/EER.

Solid line: CSVW with FI capacity control, compressor series is optimized for part load COP/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/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/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 .. HS.74

SB-110: Operating Instructions semi-hermetic screw compressors HS.85 and HS.95

SB-170: Operating Instructions semi-hermetic compact screw compressors CS.

SB-500: Operating Instructions open drive screw compressors OS.53 .. OS.74

SB-510: Operating Instructions open drive screw compressors OS.85

SB-520: Operating Instructions open drive screw compressors OS.95

CB-110: 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

Example of applicable standards: 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.

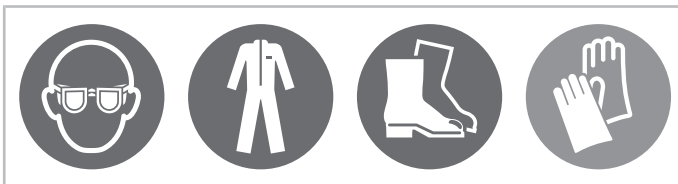


Fig. 3: Wear personal protective equipment!

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 (*see chapter Application range, page 36*).

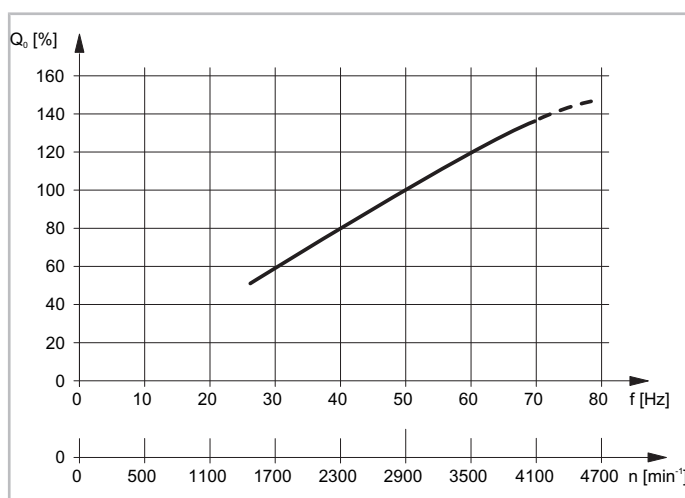


Fig. 4: Typical graph of the refrigerating capacity Q_0 depending on the screw compressor speed and frequency

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	
HS.95	20 .. 60	1200 .. 3500	
HSNP74, HSNP85	20 .. 70	1200 .. 4100	

Compressor	Frequency range (Hz)	Speed range (min ⁻¹)	Remarks
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	

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.

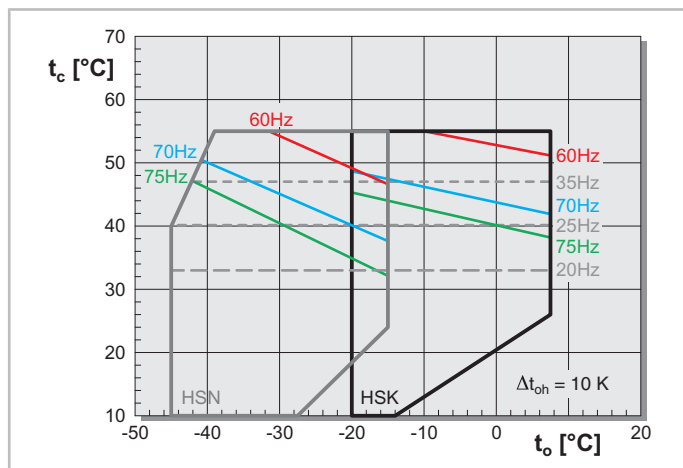


Fig. 5: Example for application limits for screw compressors HS.64 with frequency inverter and refrigerant R404A. The compressor may only be operated **below** the indicated frequency lines.

t_e : 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 (see Operating Instructions [SB-160](#)).

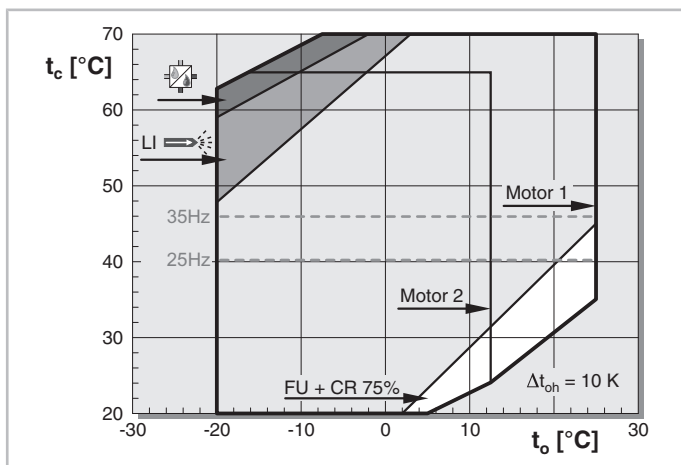


Fig. 6: Example for application limits for screw compressors CSH with frequency inverter (FU) and refrigerant R134a. The compressor may only be operated **below** the indicated frequency lines.

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 (*see page 50*).

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 (*see chapter Compressor motors, page 43*). If one of the compressors is chosen, the software indicates frequency, cooling capacity and current consumption (voltage):

The screenshot shows the BITZER SOFTWARE interface. On the left, the 'Compressor selection' section is active, showing 'Semi-hermetic Screw Compressors HS' selected. The 'Compressor model' is set to 'HSK8571-140'. The 'External FI' option is selected with a frequency of 60 Hz. The 'Power supply' section shows 'Power frequency' as 50 Hz and 'Power voltage' as 'Standard (400V)'. On the right, the 'Technical Data' tab is selected, displaying the following data for the chosen compressor:

Tentative Data. *According to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)	
Compressor	HSK8571-140-40P
Frequency compressor	60,0 Hz
Cooling capacity	260 kW
Cooling capacity *	260 kW
Evaporator capacity	260 kW
Power input	129,4 kW
Current (400V)	212 A
Voltage range	380-415V
Condenser capacity	383 kW
COP/EER	2,01
COP/EER *	2,01
Mass flow LP	9228 kg/h
Mass flow HP	9228 kg/h
min. cooling capacity	132,7 kW (33 Hz)
max. cooling capacity	278 kW (64 Hz)
Operating mode	Standard
Liquid temp.	44,7 °C
Oil volume flow	2,46 m³/h
Cooling method	--
Discharge gas temp. w/o cooling	71,9 °C

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 (*see chapter Compressor motors, page 43*) may be available. The calculation of special voltage motors, however, is not implemented in the BITZER SOFTWARE and available on request.

Project Mode Options Window

Germany English SI

Semi-hermetic Screw Compressors HS

Series: all

Refrigerant: R404A

Reference temperature: Dew point temp.

Compressor selection

○ Cooling capacity: 100

● Compressor model: HSK8571-140

Operating point

Operating conditions

Capacity control

○ without

● External FI: 69 Hz

Power supply

Power frequency: 50Hz

Power voltage: Standard (400V)

Show Overview

Result Limits Technical Data Dimensions Information Documentation T

Allowed current consumption exceeded. Reduce frequency or select larger motor version or select special voltage motor (on request). [264]

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)

Hit the "accessories" button  in the menu bar at the top.



Information

The button for 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" ^{60 Hz} .

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:

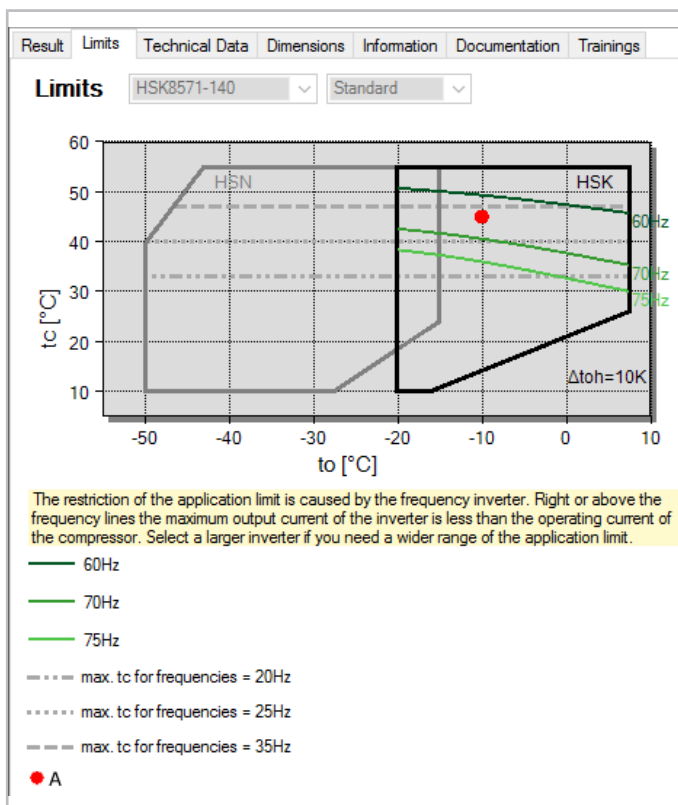


Fig. 9: Visualization of the application limits with frequency inverter in the BITZER SOFTWARE.

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):

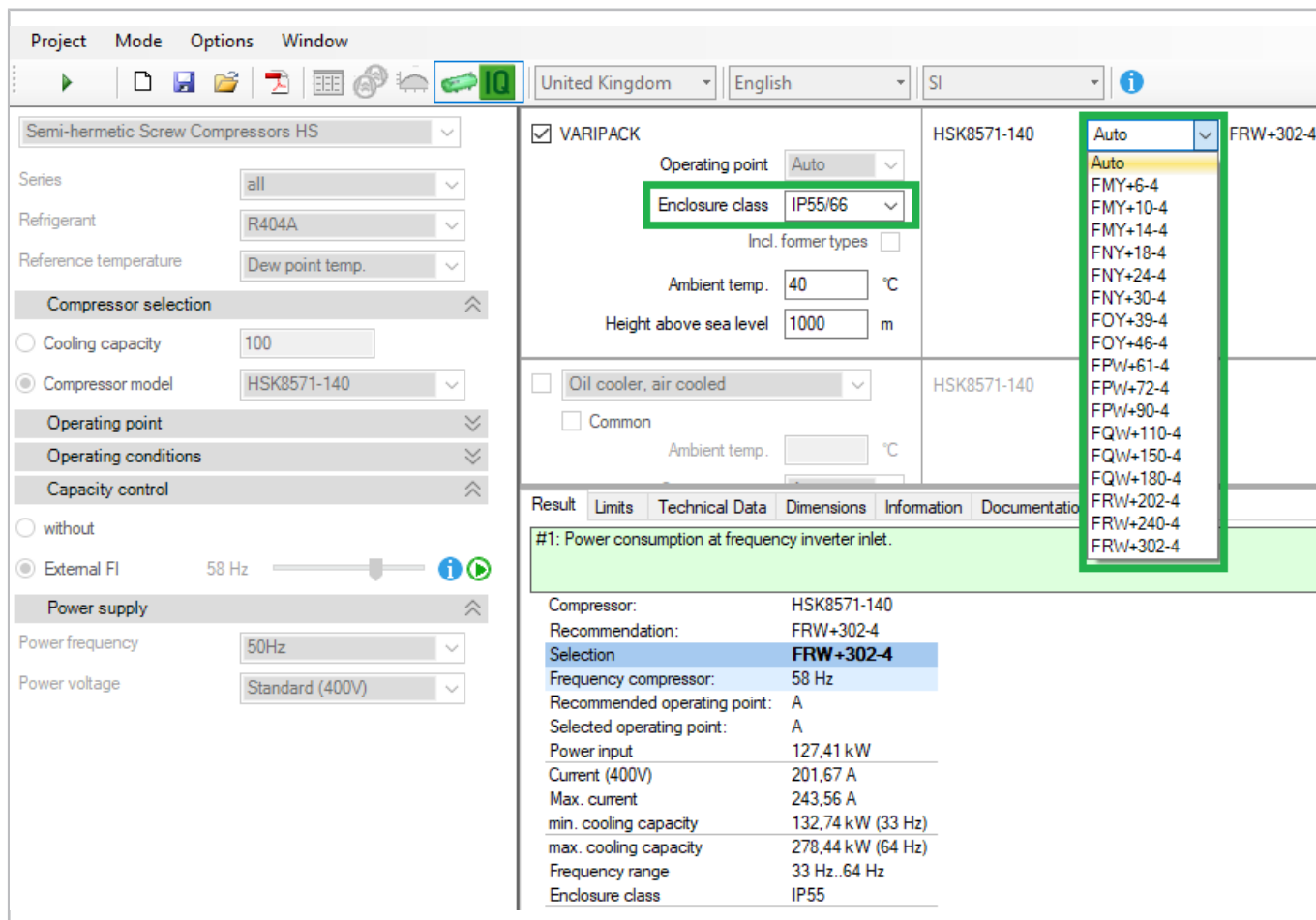


Fig. 10: Menu for choosing the VARIPACK frequency inverter in the accessories module of the BITZER SOFTWARE

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

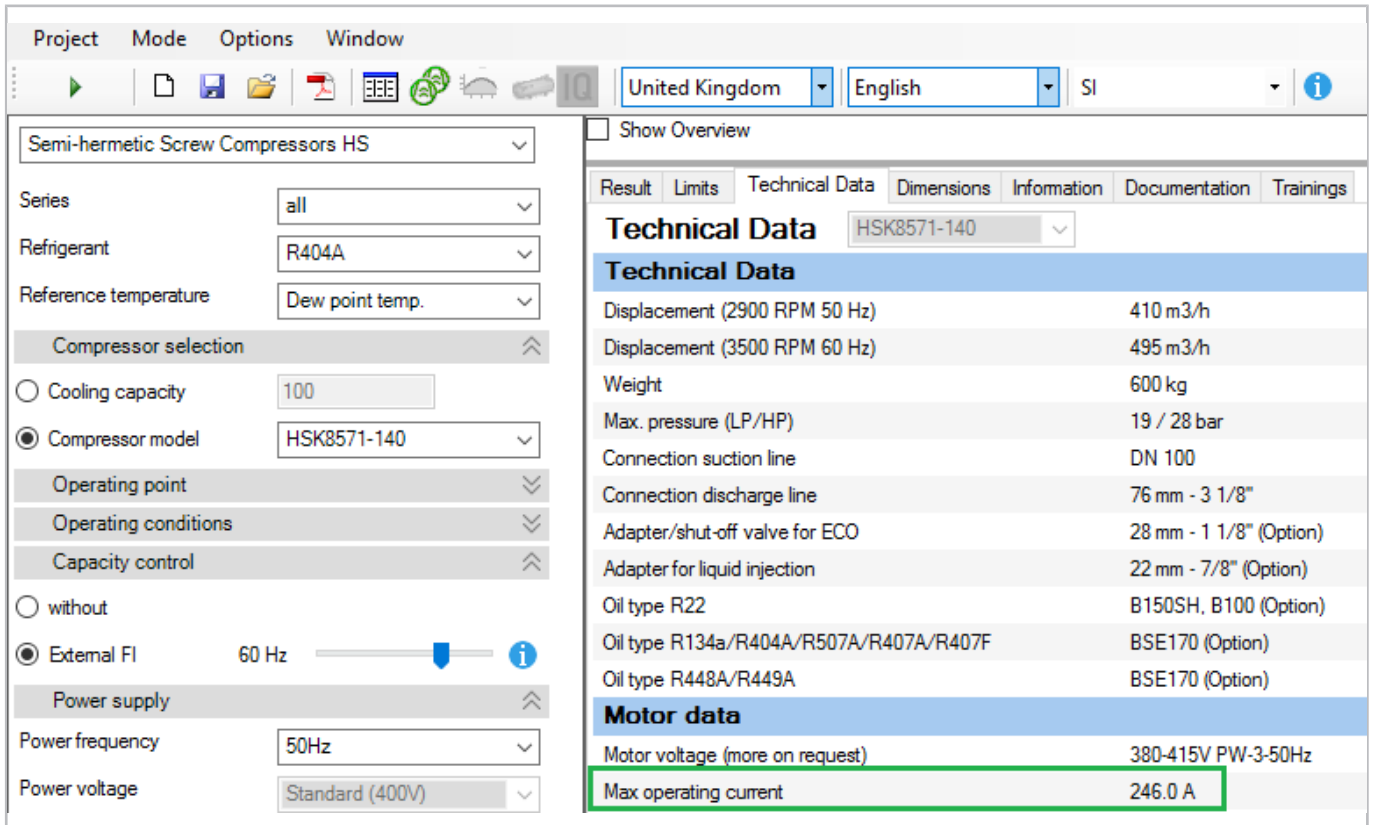
Step 2b: Selecting a frequency inverter of another manufacturer

- ▶ Allow at least 10% reserve for operating current

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

- ▶ Consider overload capacity for compressor start

Additionally, a compensation factor F_c for the current during the compressor start must be allowed for. 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.



The screenshot shows the BITZER SOFTWARE interface. On the left, the 'Compressor selection' section is expanded, showing 'Compressor model' set to 'HSK8571-140'. The 'Power supply' section shows 'Power frequency' at '50Hz' and 'Power voltage' at 'Standard (400V)'. On the right, the 'Technical Data' tab is active, displaying a table of specifications for the selected model. The 'Max. operating current' is highlighted in green and listed as 246.0 A.

Technical Data	
Displacement (2900 RPM 50 Hz)	410 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	495 m ³ /h
Weight	600 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	DN 100
Connection discharge line	76 mm - 3 1/8"
Adapter/shut-off valve for ECO	28 mm - 1 1/8" (Option)
Adapter for liquid injection	22 mm - 7/8" (Option)
Oil type R22	B150SH, B100 (Option)
Oil type R134a/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE170 (Option)
Oil type R448A/R449A	BSE170 (Option)
Motor data	
Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max. operating current	246.0 A

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 44*). 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).

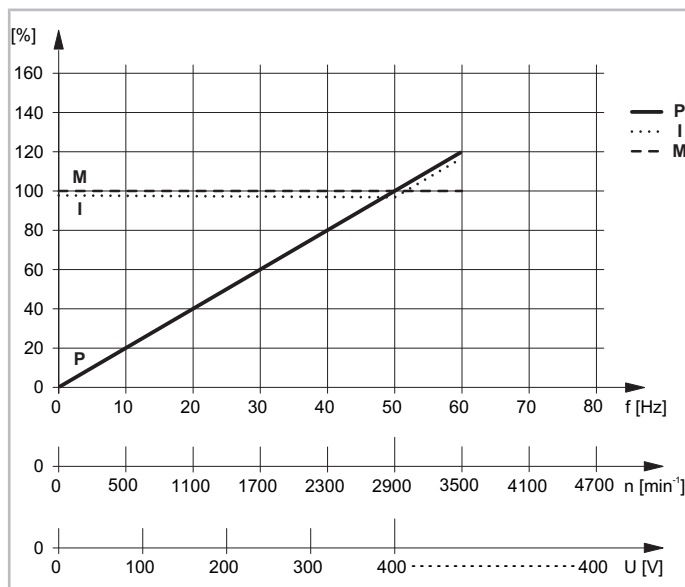


Fig. 12: Operating characteristics of a compressor motor for operation with frequency inverter (400 V/3/50 Hz) with reserve.

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 preferable 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.

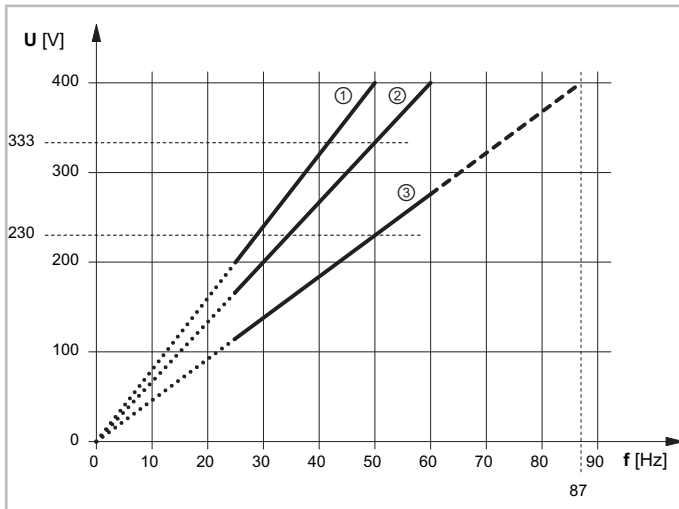


Fig. 13: Voltage increase depending on the frequency for different motors, example CS. compressors.

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 (*see chapter Recommended start and stop sequences, page 51*).

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 see Technical Information [CT-120](#)
- Protection device SE-i1, for details see Technical Information [CT-110](#)
- Compressor module CM-SW-01, for details see Technical Information [ST-150](#)

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 inverter, see Operating Instructions [CB-110](#). It also explains in detail electrical connections and control functions.
- Schematic wiring diagrams for various compressors with frequency inverter are compiled in the Technical Information [AT-300](#).

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

State of delivery of compressor:



CAUTION

The compressor is filled with a protective charge: Excess pressure 0.5 .. 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!



NOTICE

The compressor module may be damaged or fail!

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

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

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

For work on the frequency inverter (FI):



DANGER

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



Earth the complete frequency inverter permanently and check the earth contacts at regular intervals! Prior to any intervention in the device, check all voltage connections for proper isolation.



NOTICE

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

6.1 Arrangement of the wiring

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

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

6.2 Motor terminals at the terminal plate

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

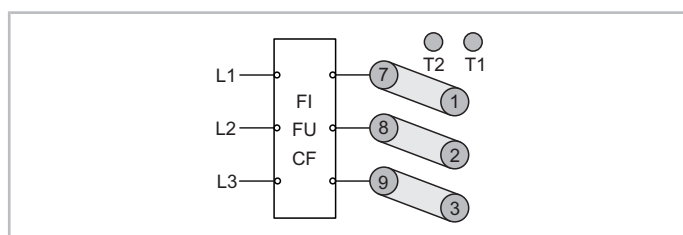


Fig. 14: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for screw compressors types HS.85 / CS.85: part winding motor with direct-on-line start
types HS.95 / CS.95: star-delta motor with delta wiring

HS.64 .. 74 / CS.75

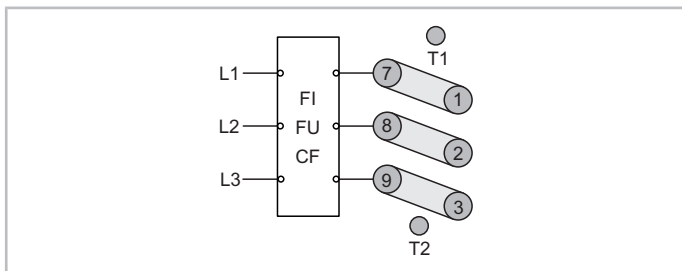


Fig. 15: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for screw compressors types HS.64 .. 74 and CS.75, part winding motor with direct-on-line start

HS.53 / CS.65

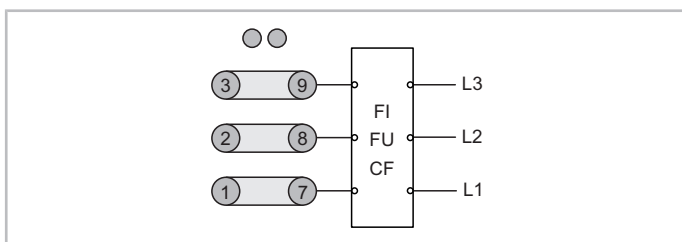


Fig. 16: Motor terminals at the terminal plate for operation with external frequency inverter (FI) for screw compressors types HS.53 and CS.65, part winding motor with direct-on-line start

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.

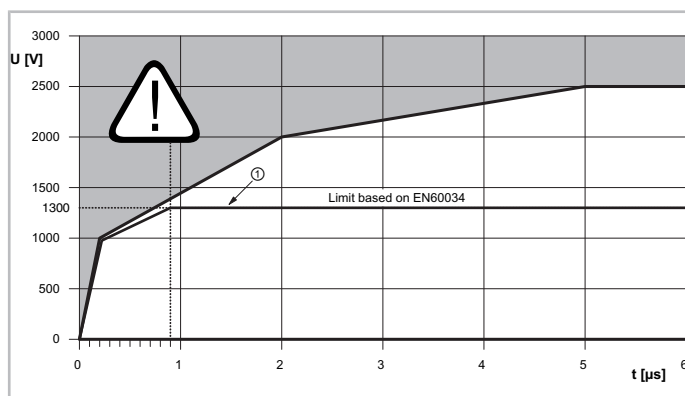


Fig. 17: Limits of voltage increase on motor terminals. White area: permissible range.

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 Operating instructions [CB-110](#)).

Vibrations

**NOTICE**

Danger of material fatigue and damage caused by vibrations in the system due to FI speed drive!

Check the whole system carefully at all possible operating frequencies for vibrations and resonances.

Blend out frequencies which cause resonances by appropriate parameter setting at the inverter!

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

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

For further questions, please contact BITZER.

7.2 Recommended start and stop sequences



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 ([see page 50](#)).

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:

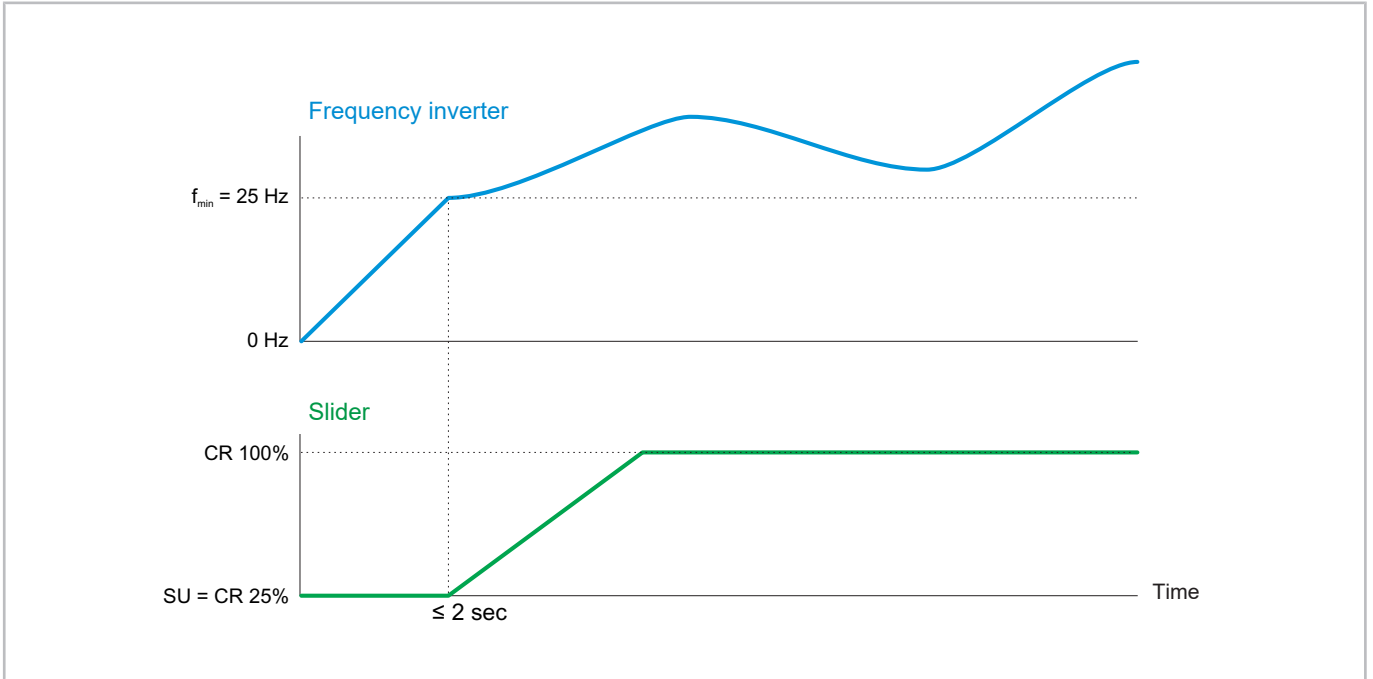
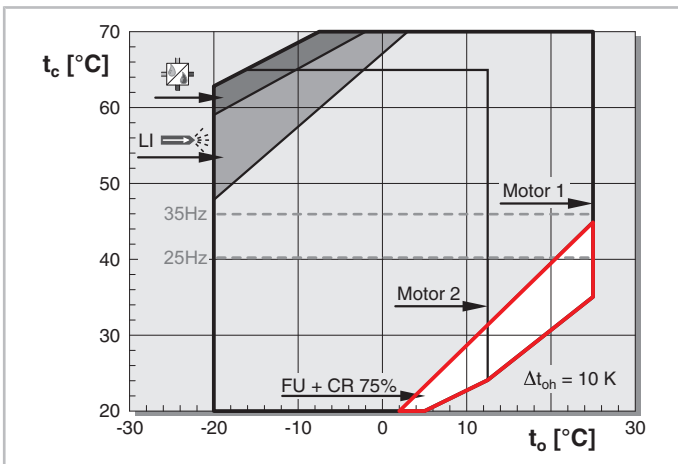


Fig. 18: Recommended start sequence for compressors CS.65 .. 95 with frequency inverter (FI). Start the CR slider unloaded, turn FI to minimum speed of 25 Hz in max. 2 sec, then switch on the CR solenoid valves up to 100% (see Operating Instructions [SB-170](#), for start/stop only valve CR3 is energised, 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 38](#)):



Stop sequence:

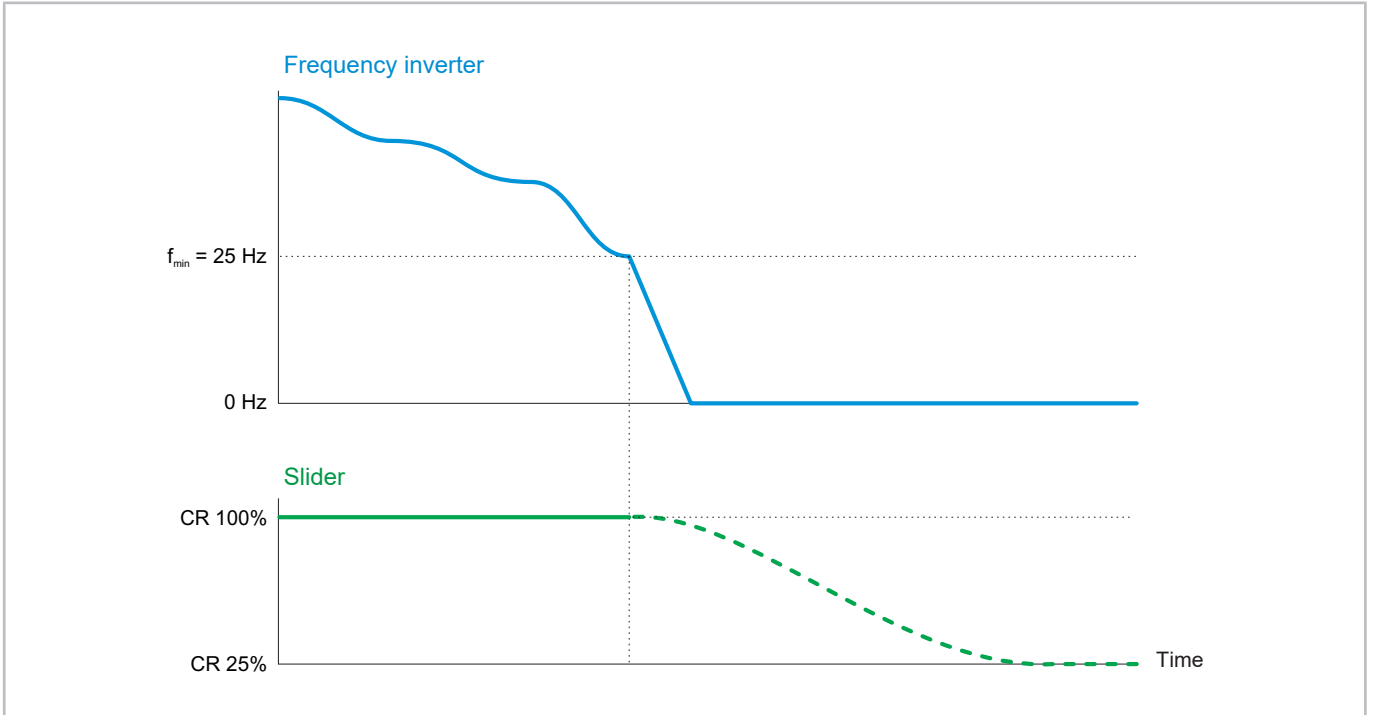


Fig. 19: Recommended stop sequence for compressors CS.65 .. 95 with frequency inverter (FI). After the FI is switched off, the CR slider moves back passively to 25% within approx. 5 min, valve CR3 remains energised (see Operating Instructions [SB-170](#)).

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

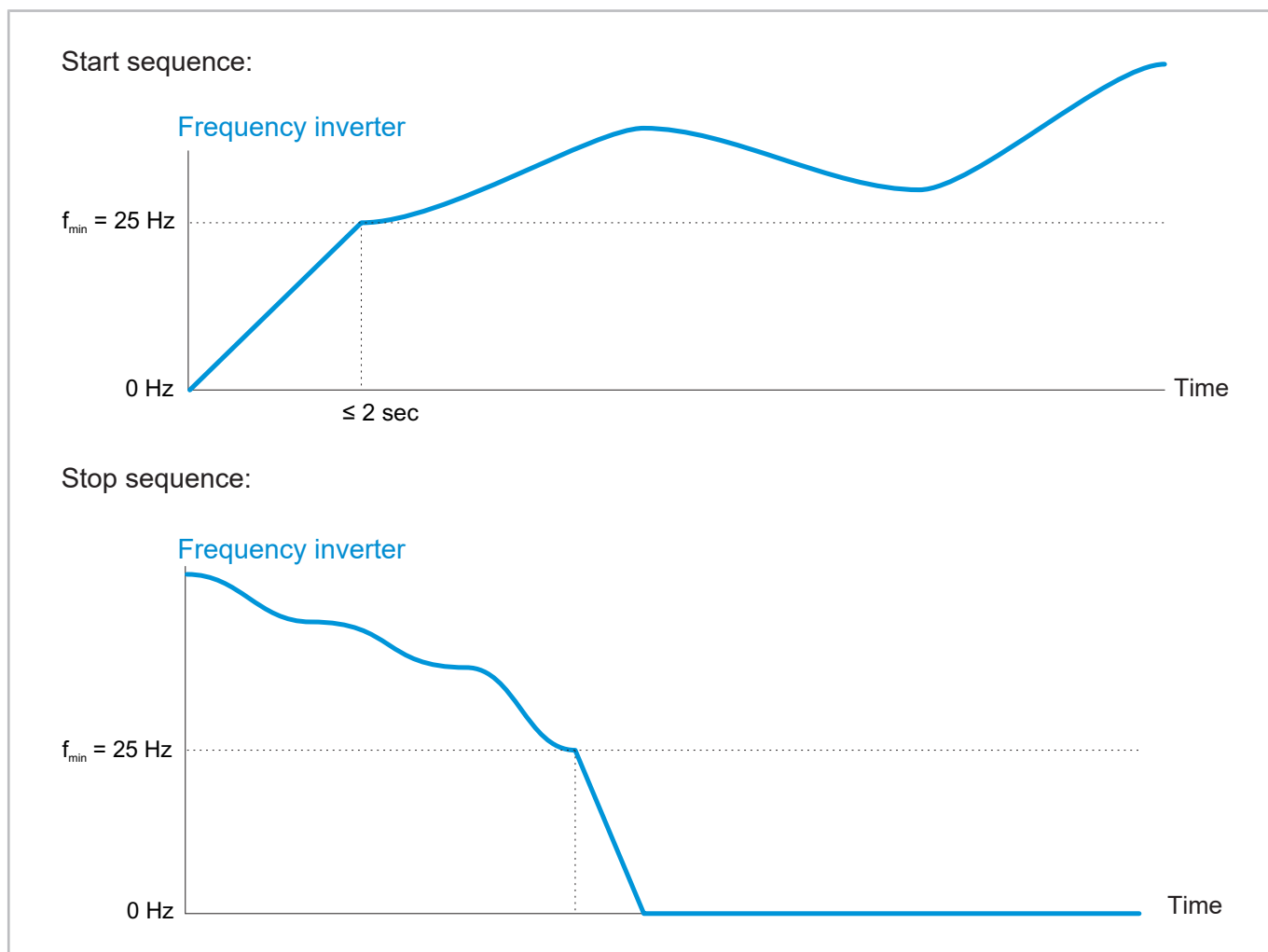


Fig. 20: Recommended start and stop sequence for compressors CS.105 and HS.95 with frequency inverter (FI) and compressor module CM-SW-01 in "Frequency inverter" mode. The module controls the oil management as well as the CR solenoid valves for capacity control (see Operating Instructions [SB-170](#)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

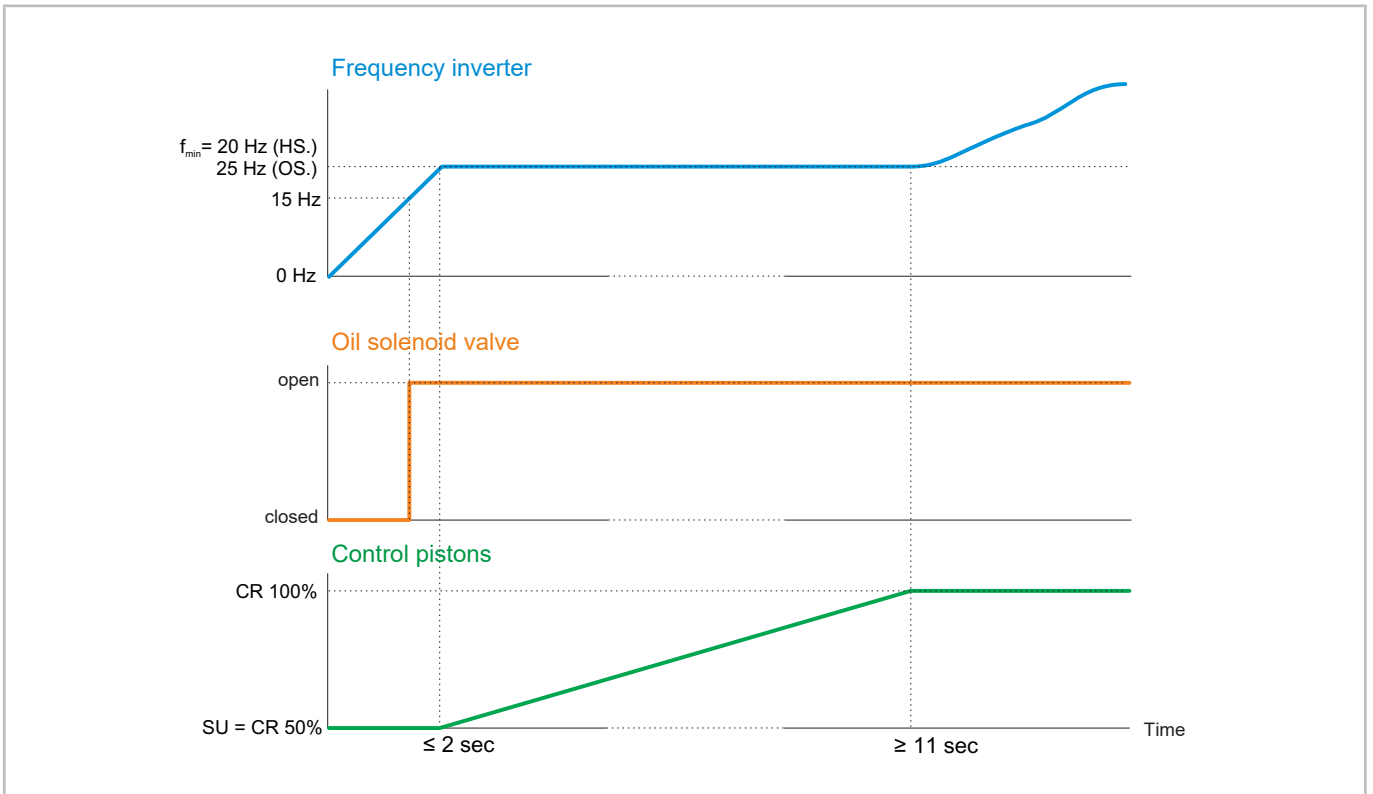


Fig. 21: Recommended start sequence for compressors OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 with frequency inverter (FI). Start the control pistons unloaded, open the oil solenoid valve as soon as the FI reaches 15 Hz. At minimum speed (20 Hz for HS., 25 Hz for OS.) switch on the control pistons up to 100% (see Operating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

Stop sequence:

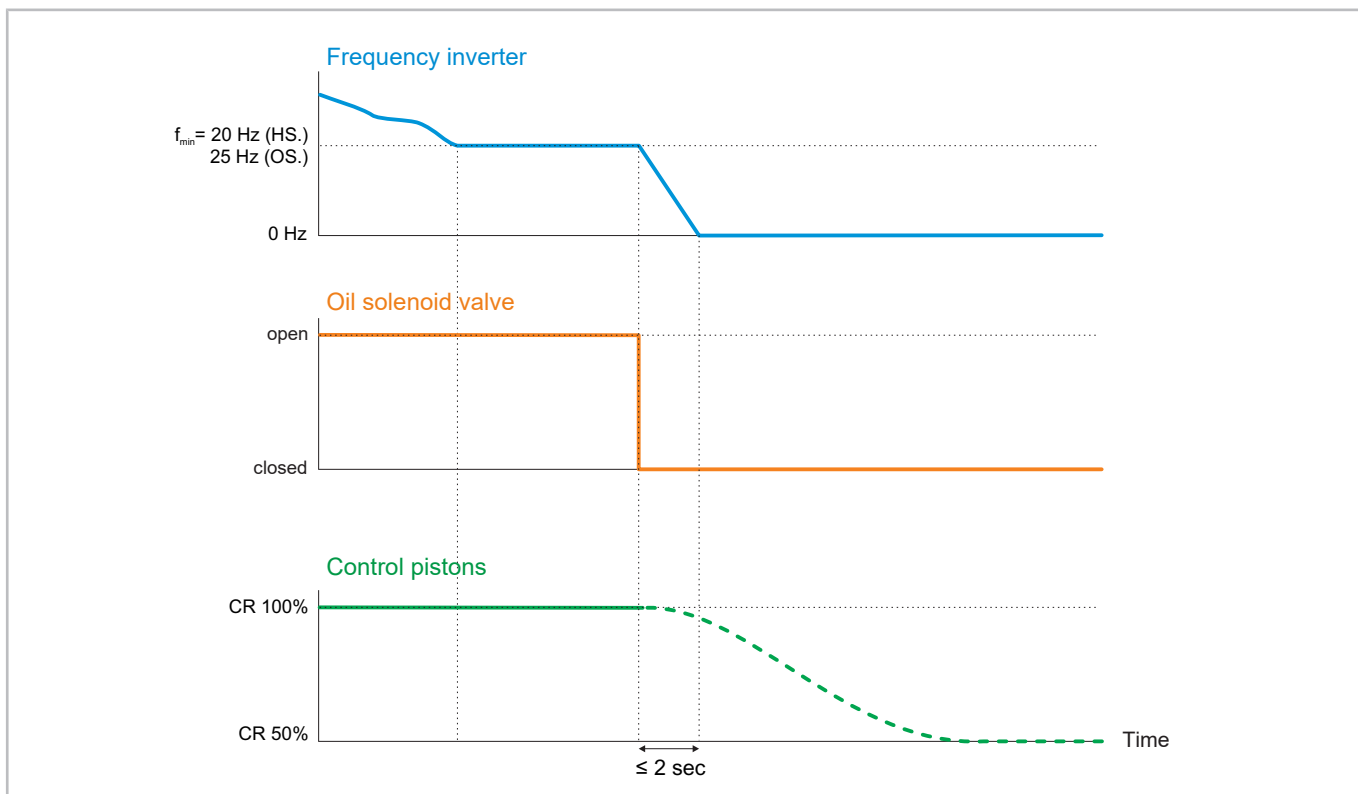


Fig. 22: Recommended stop sequence for compressors OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 with frequency inverter (FI). After the FI is switched off, the control pistons move back passively to 50%.

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

Start sequence:

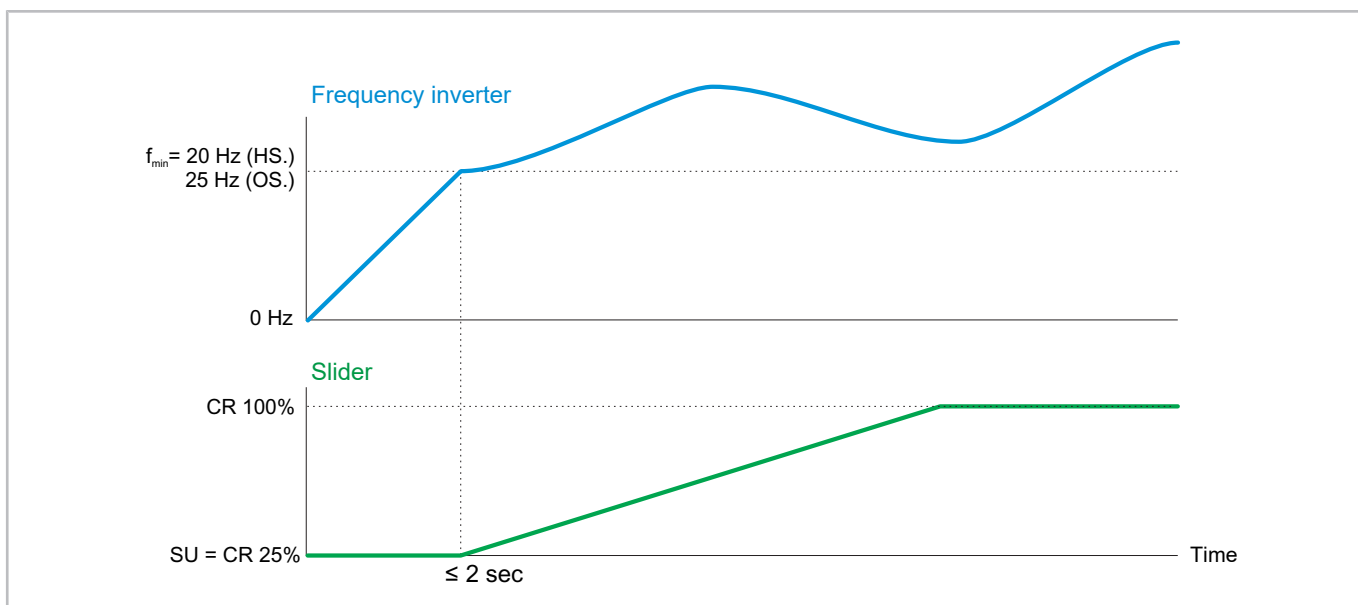


Fig. 23: Recommended start sequence for compressors HS.85 and OS.85 with frequency inverter (FI). Start the CR slider unloaded. As soon as the FI reaches its minimum speed (20 Hz for HS., 25 Hz for OS.), switch on the solenoid valves to 100% as explained in Operating Instructions *SB-110* resp. *SB-510* (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:

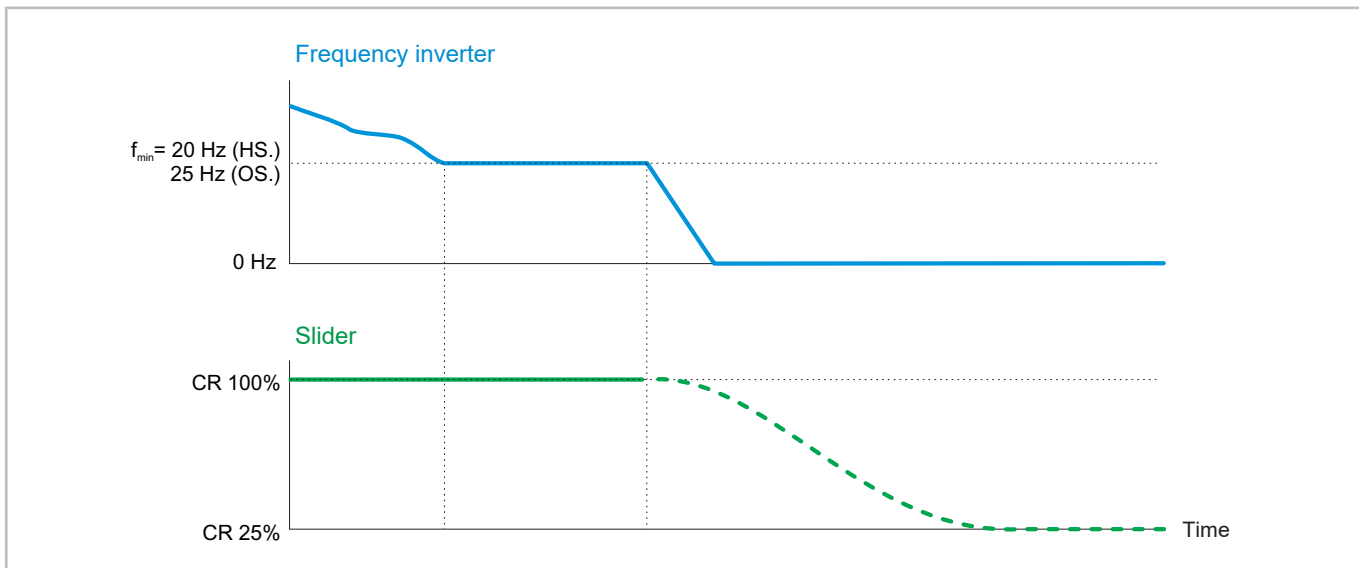


Fig. 24: Recommended stop sequence for compressors HS.85 and OS.85 with frequency inverter (FI). After the FI is switched off, the CR slider moves back passively to 25%.

Compressors OS.A85 and OS.95 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:

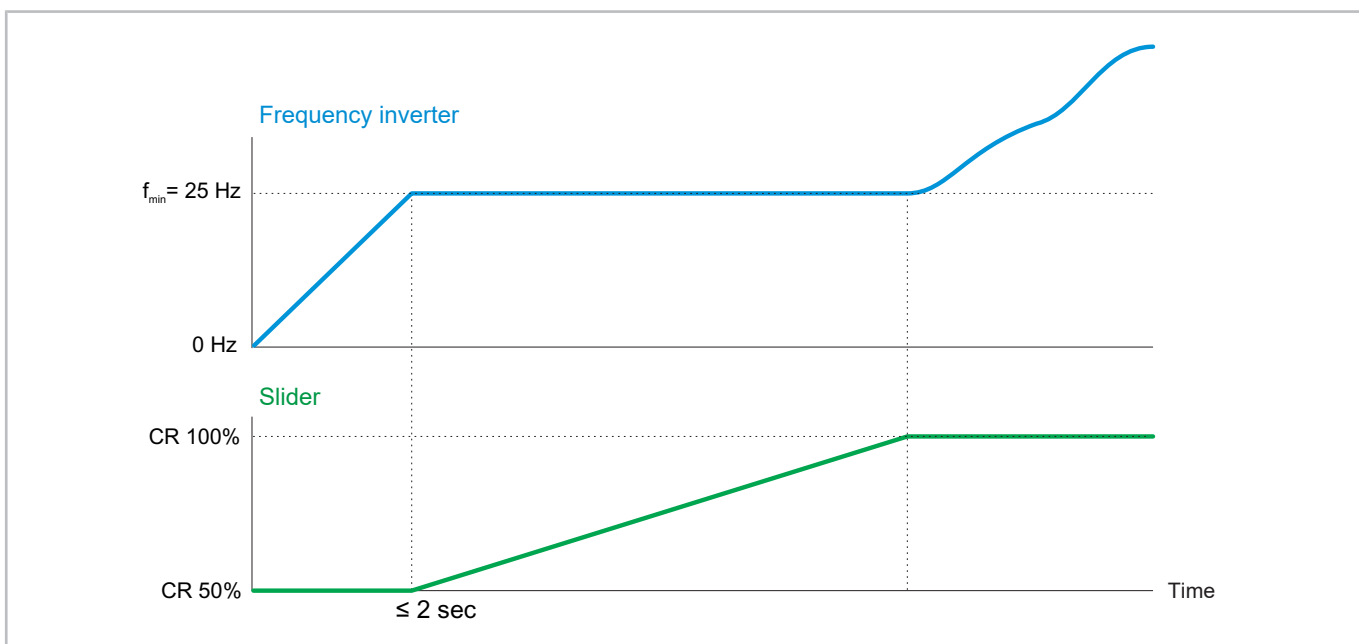


Fig. 25: Recommended start sequence for compressors OS.A85 and OS.95 with frequency inverter (FI) and compressor module CM-SW-01. The module controls the oil management as well as the CR solenoid valves for capacity control (see Operating Instructions [SB-520](#)). In "Frequency inverter" mode the module 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:

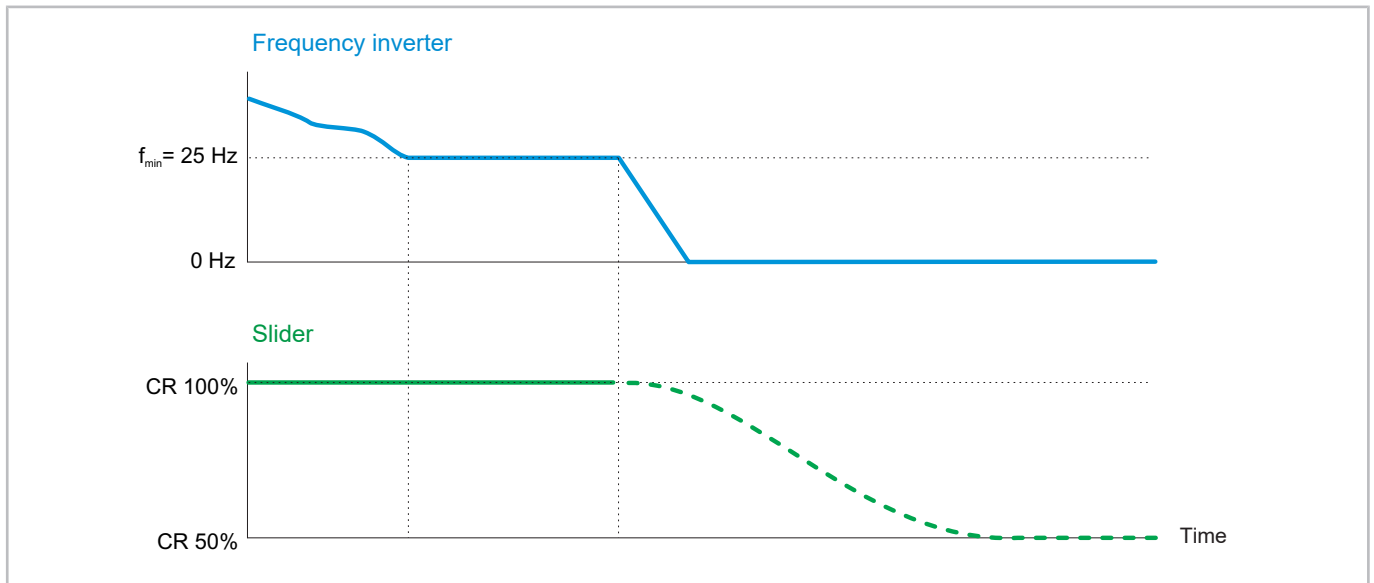


Fig. 26: Recommended stop sequence for compressors OS.A85 and OS.95 with frequency inverter (FI) and compressor module CM-SW-01. The module controls the oil management as well as the CR solenoid valves (see Operating Instructions [SB-520](#)). In "Frequency inverter" mode the module is preset so that 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.

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.

Содержание

1 Введение	60
2 Безопасность	62
3 Работа с преобразователем частоты	63
3.1 Холодопроизводительность и эффективность системы.....	63
3.2 Область применения	64
4 Подбор	67
4.1 Подбор с помощью BITZER SOFTWARE	67
4.2 Моторы компрессора	71
4.3 Необходимо соблюдать для открытых компрессоров	73
4.4 Катушки регулятора производительности	74
5 Подходящие защитные устройства	74
6 Электрический монтаж компрессора и преобразователя частоты	74
6.1 Прокладка кабелей.....	75
6.2 Клеммы мотора на клеммной колодке	75
6.3 Импульсы напряжения на клеммах мотора	77
6.4 Цепь защит	77
6.5 Коррекция коэффициента мощности.....	78
6.6 Автоматы защитного отключения	78
7 Ввод в эксплуатацию	78
7.1 Конфигурация преобразователя частоты	78
7.2 Рекомендуемые последовательности запуска и останова	80
7.3 Частота циклов и минимальное время работы.....	87

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 сочетании с внешними преобразователями частоты для регулирования скорости, например. 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 охлаждающей жидкости 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 запусков 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 частичными 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 кВт холодопроизводительности)

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

- Регулирование «On/off», левая треть: большие 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: очень стабильная температура в хол. камере и соотв. температура охлаждающей жидкости (возможно $\pm 0,5$ 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 $-4,5^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры испарения на 1 K повышает эффективность системы до 3%.

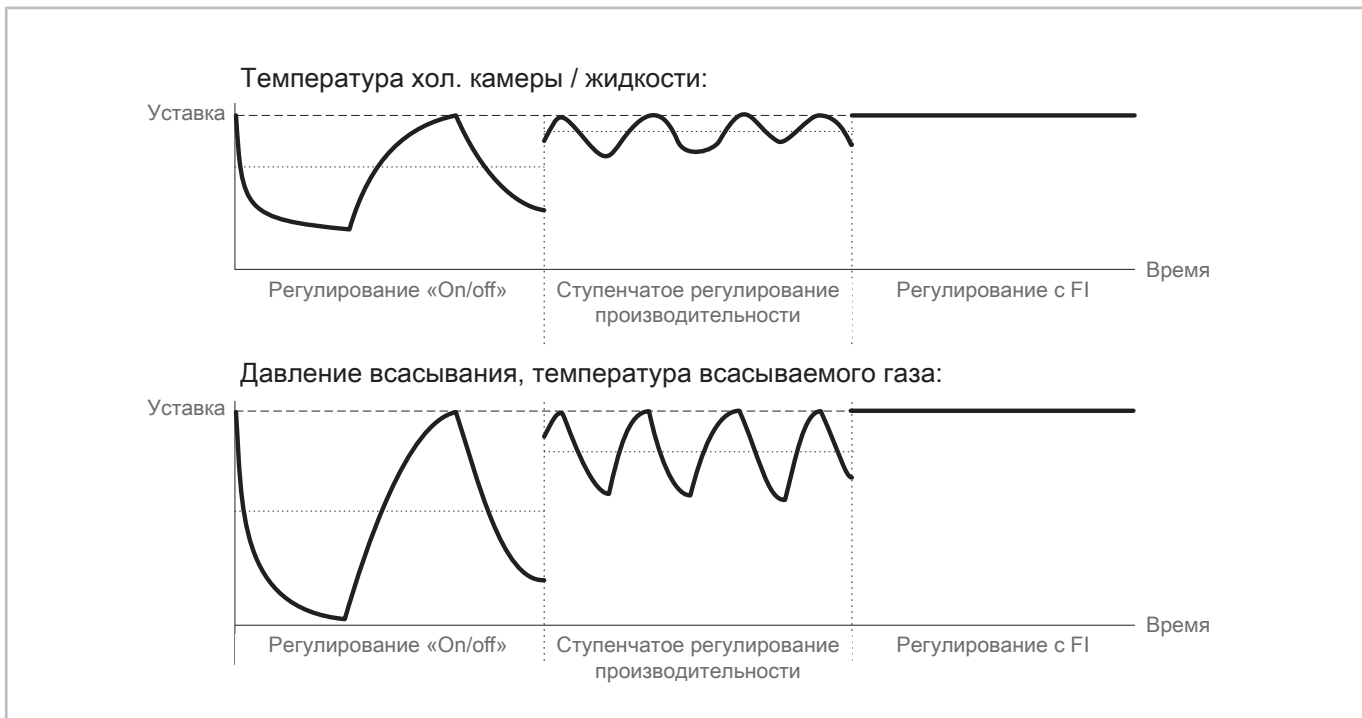


Рис. 1: Регулирование производительности с помощью преобразователя частоты (FI) по сравнению с «on/off» и ступенчатым механическим регулированием

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

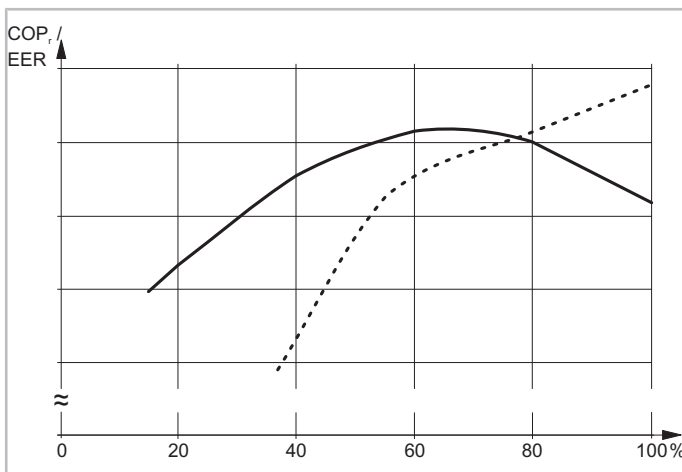


Рис. 2: Сравнение характеристик эффективности регулирования производительности винтовых компрессоров с золотниковым регулированием и преобразователем частоты (FI): коэффициент производительности COPr/EER (отношение холодопроизводительности к потребляемой мощности) в зависимости от нагрузки.

Пунктирная линия: CSW с золотниковым регулированием, серия компрессоров оптимизирована для полной нагрузки COPr/EER.

Сплошная линия: CSVW с регулированием производительности FI, серия компрессоров оптимизирована для частичной нагрузки COPr/EER (диапазон регулирования: 6.2:1).

Условия эксплуатации: R134a, t_b : 5°C / t_c : 38°C / Δt_{oh} : 5 К.

При золотниковом регулировании оптимальное соотношение COPr/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 COPr/EER при полной нагрузке и высокой эффективности при частичной нагрузке необходим компромисс.

Также соблюдайте следующие технические документы

SB-100: Инструкция по эксплуатации полугерметичных винтовых компрессоров HS.53 .. HS.74

SB-110: Инструкция по эксплуатации полугерметичных винтовых компрессоров HS.85 и HS.95

SB-170: Инструкция по эксплуатации полугерметичных компактных винтовых компрессоров CS.

SB -500: Инструкция по эксплуатации открытых винтовых компрессоров OS.53 .. OS.74

SB -510: Инструкция по эксплуатации открытых винтовых компрессоров OS.85

SB -520: Инструкция по эксплуатации открытых винтовых компрессоров OS.95

CB -110: Инструкция по эксплуатации VARIPACK — внешние преобразователи частоты BITZER

2 Безопасность

Специалисты, допускаемые к работе

Все работы на компрессорах и холодильных системах имеет право осуществлять только квалифицированный персонал, прошедший обучение и инструктаж на все виды работ. Квалификация и компетенция специалистов должны соответствовать действующим в каждой отдельной стране предписаниям и директивам.

Остаточная опасность

Продукты, электронные аксессуары и другие компоненты системы могут являться источниками неизбежной остаточной опасности. Поэтому все работающие на этом оборудовании должны внимательно изучить данный документ! Обязательные для соблюдения предписания:

- соответствующие правила техники безопасности и нормы
- общие правила техники безопасности,
- предписания ЕС,
- национальные правила и стандарты безопасности.

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

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 холода при работе с открытым контуром охлаждения и с компонентами, которые могут содержать хладагент.



Рис. 3: Используйте средства индивидуальной защиты!

Указания по технике безопасности

это указания, направленные на предотвращение опасных ситуаций. Указания по технике безопасности следует соблюдать неукоснительно!



ВНИМАНИЕ

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



ОСТОРОЖНО

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



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

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



ОПАСНОСТЬ

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

Все работы на компрессорах и холодильных системах имеет право осуществлять только квалифицированный персонал, прошедший обучение и инструктаж на все виды работ. Квалификация и компетенция специалистов должны соответствовать действующим в каждой отдельной стране предписаниям и директивам.

3 Работа с преобразователем частоты

3.1 Холодопроизводительность и эффективность системы

Механическое регулирование производительности

Холодопроизводительность винтового компрессора может быть механически адаптирована к запрашиваемой от системы производительности, т.е. золотником или регулируемыми 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. Ниже приведены допустимые скорости/частоты для компрессоров BITZER (см. главу Область применения, стр. 64).

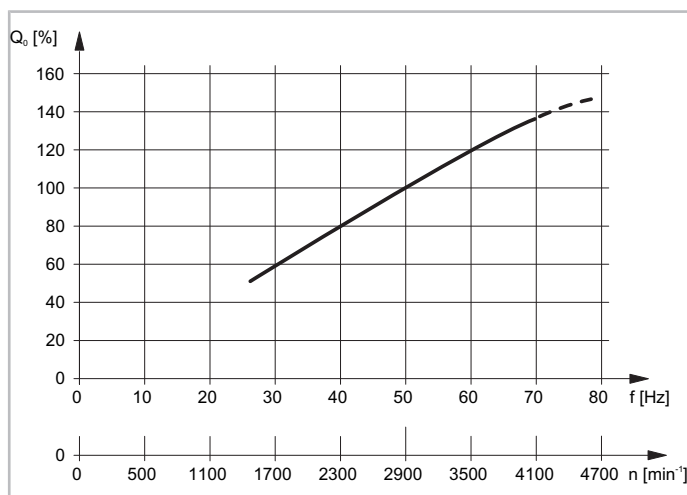


Рис. 4: Типовой график холодопроизводительности Q_0 в зависимости от частоты питания и частоты вращения винтового компрессора

ВНИМАНИЕ

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 Область 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 Hz
HS.95	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	

Таб. 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 (см. главу «Моторы компрессоров», стр. 71). 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.

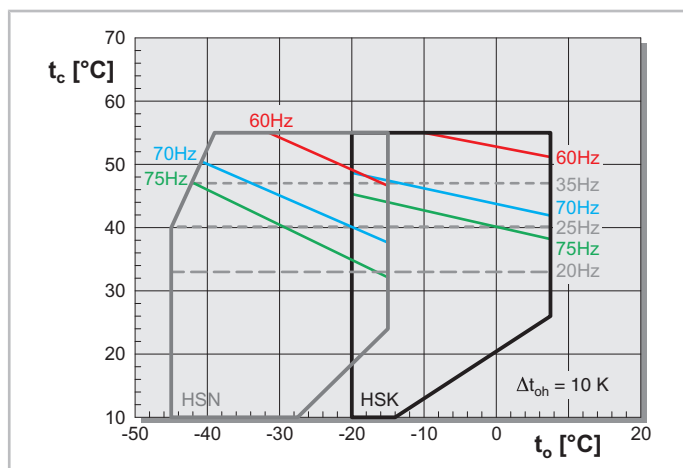


Рис. 5: Пример области применения для винтовых компрессоров HS.64 с преобразователем частоты для хладагента R404A. Компрессор можно эксплуатировать только **ниже** указанных линий частот.

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 указаны в BITZER SOFTWARE. Для CS-компрессоров, BITZER разработал специальную серию CSV, со встроенным преобразователем частоты, где компрессор и FI оптимально дополняют друг друга (см. инструкцию по эксплуатации SB-160).

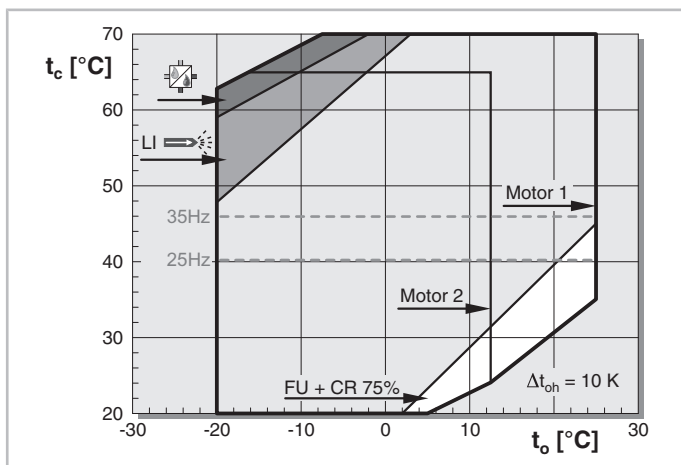


Рис. 6: Пример областей применения для винтовых компрессоров CSH с преобразователем частоты (FU) для хладагента R134a. Компрессор можно эксплуатировать только **ниже** указанных линий частот.

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

Светло-серая область сверху 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 (см. стр. 79).


4 Подбор

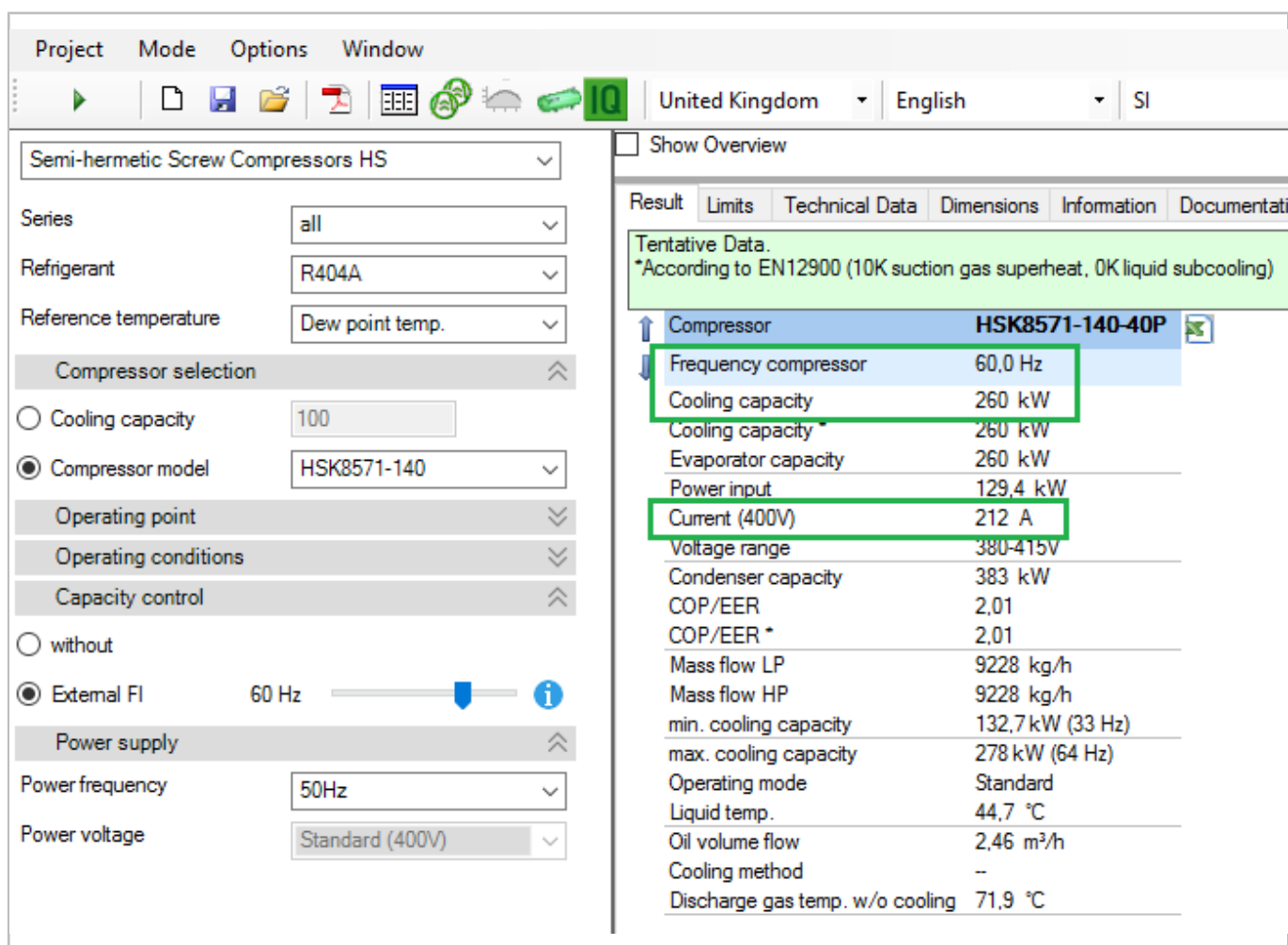
4.1 Подбор с помощью BITZER SOFTWARE

i Информация

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

Шаг 1: Подбор компрессора

Сначала выберите хладагент, холодопроизводительность и рабочие точки, а затем выберите «Внешний FI». Затем запустите расчет, нажав на кнопку . После этого программа предложит два подходящих компрессора в диапазоне максимальной рабочей частоты, каждый со своим стандартным мотором (см. главу «*Моторы компрессоров*», стр. 71). Если выбран один из компрессоров, программа указывает частоту, холодопроизводительность и потребляемый ток (напряжение):



The screenshot shows the BITZER SOFTWARE interface. On the left, the 'Compressor selection' section is active, showing 'Semi-hermetic Screw Compressors HS' selected. The 'Compressor model' is set to 'HSK8571-140'. The 'External FI' is set to '60 Hz'. The 'Power supply' section shows 'Power frequency' as '50Hz' and 'Power voltage' as 'Standard (400V)'. On the right, the 'Tentative Data' table is displayed, showing the following values:

Result	Limits	Technical Data	Dimensions	Information	Documentati
Tentative Data. *According to EN12900 (10K suction gas superheat, 0K liquid subcooling)					
Compressor		HSK8571-140-40P			
Frequency compressor		60,0 Hz			
Cooling capacity		260 kW			
Cooling capacity *		260 kW			
Evaporator capacity		260 kW			
Power input		129,4 kW			
Current (400V)		212 A			
Voltage range		380-415V			
Condenser capacity		383 kW			
COP/EER		2,01			
COP/EER *		2,01			
Mass flow LP		9228 kg/h			
Mass flow HP		9228 kg/h			
min. cooling capacity		132,7 kW (33 Hz)			
max. cooling capacity		278 kW (64 Hz)			
Operating mode		Standard			
Liquid temp.		44,7 °C			
Oil volume flow		2,46 m³/h			
Cooling method		-			
Discharge gas temp. w/o cooling		71,9 °C			

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

Постепенно увеличивая рабочую частоту (ползунок «Внешний FI»), 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 с особым напряжением. (см. главу «*Моторы компрессоров*», стр. 71). Однако расчет моторов с особым напряжением не реализован в BITZER SOFTWARE и доступен по запросу.

The screenshot shows the Bitzer software interface with the following settings:

- Project: Germany
- Mode: English
- Options: SI
- Compressor selection: Semi-hermetic Screw Compressors HS
- Series: all
- Refrigerant: R404A
- Reference temperature: Dew point temp.
- Compressor selection expanded:
 - Cooling capacity: 100
 - Compressor model: HSK8571-140
 - Operating point: (collapsed)
 - Operating conditions: (collapsed)
 - Capacity control: (collapsed)
- without: (unchecked)
- External FI: 69 Hz (checked)
- Power supply expanded:
 - Power frequency: 50Hz
 - Power voltage: Standard (400V)

On the right side, the 'Show Overview' section is active, displaying a warning message in a red box:

Allowed current consumption exceeded. Reduce frequency or select larger motor version or select special voltage motor (on request). [264]


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 2а: Подбор преобразователя частоты BITZER VARIPACK (при наличии)

Нажмите кнопку «Доп. оборудование» в строке меню вверху.

i Информация

Кнопка «Доп. оборудование» 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 — гибких и совместимых с компрессорами BITZER. Для получения подробной информации см. информационную кнопку рядом с ползунком «Внешний FI» .

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 преобразователями 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:

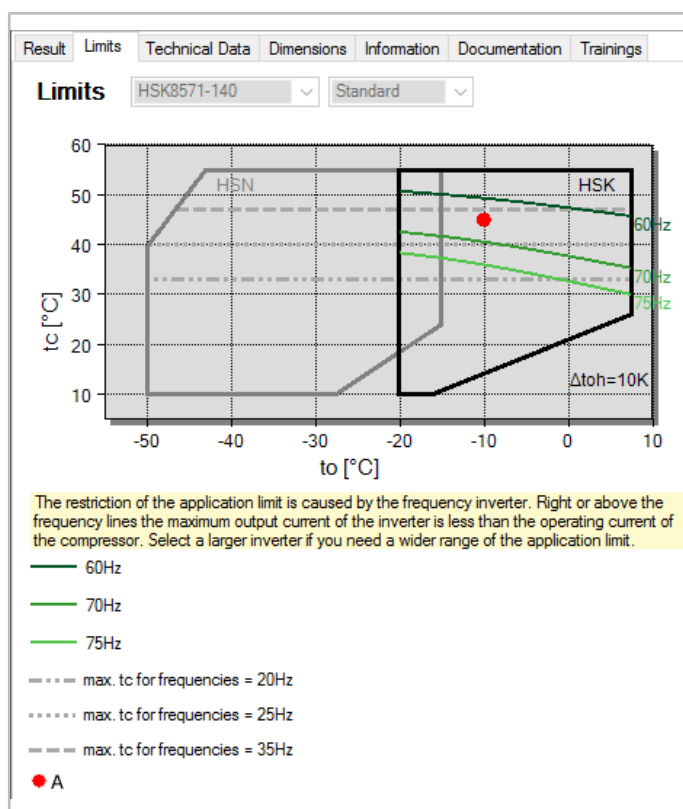


Рис. 9: Визуализация области применения преобразователя частоты в BITZER SOFTWARE.

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

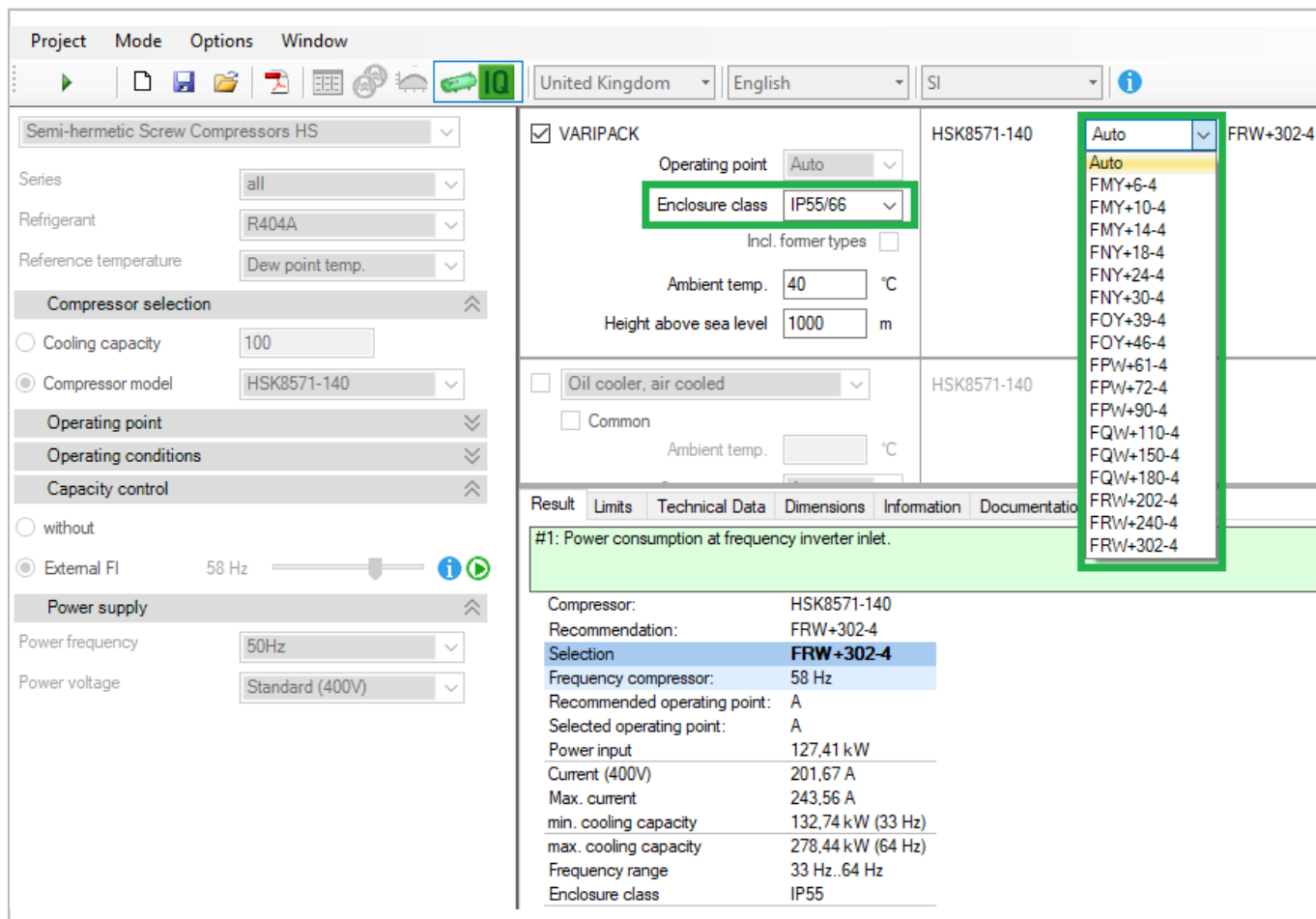


Рис. 10: Меню выбора преобразователя частоты VARIPACK в модуле «Доп. оборудование» в BITZER SOFTWARE

Дополнительные сведения о VARIPACK см. в Инструкции по эксплуатации [CB-110](#).

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 при запуске 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 «Макс. 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.

The screenshot shows the BITZER SOFTWARE interface. On the left, the 'Compressor selection' section is expanded, showing 'Compressor model' set to 'HSK8571-140'. The 'Technical Data' table on the right is as follows:

Technical Data	
Displacement (2900 RPM 50 Hz)	410 m ³ /h
Displacement (3500 RPM 60 Hz)	495 m ³ /h
Weight	600 kg
Max. pressure (LP/HP)	19 / 28 bar
Connection suction line	DN 100
Connection discharge line	76 mm - 3 1/8"
Adapter/shut-off valve for ECO	28 mm - 1 1/8" (Option)
Adapter for liquid injection	22 mm - 7/8" (Option)
Oil type R22	B150SH, B100 (Option)
Oil type R134a/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE170 (Option)
Oil type R448A/R449A	BSE170 (Option)
Motor data	
Motor voltage (more on request)	380-415V PW-3-50Hz
Max operating current	246.0 A

Рис. 11: «Макс. 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 компрессора

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. рис. 12, стр. 72). Следовательно, мотор должен иметь достаточный резерв (ток/мощность) при 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).

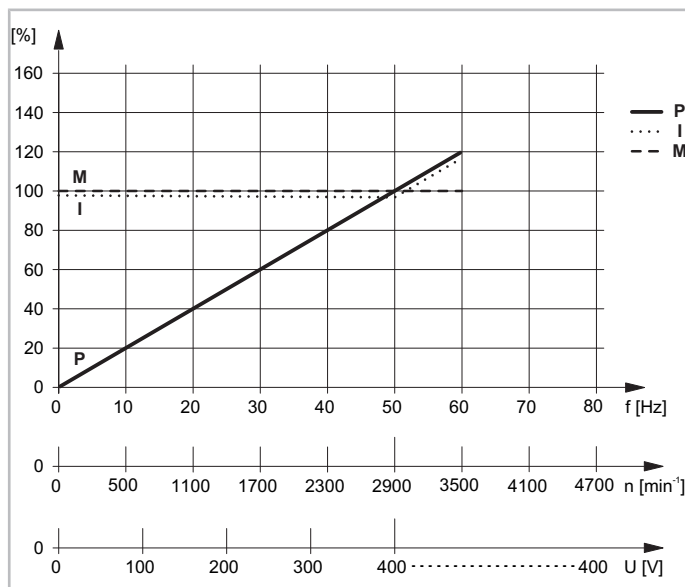


Рис. 12: Рабочие характеристики мотора компрессора для работы с преобразователем частоты (400 V/3/50 Hz) с резервом.

P : макс. потребляемая мощность компрессора

M: макс. крутящий момент мотора на валу компрессора

I: макс. потребление тока компрессора

f: частота (на выходе преобразователя частоты)

U: напряжение (на выходе преобразователя частоты)

Стандартные моторы

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

Винтовые компрессоры BITZER	Мотор	Напряжение питания
HS.53 .. 85 CS.65 .. 85	40P (мотор с частичными 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

Таб. 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)



ВНИМАНИЕ

Повреждение компрессора и мотора при превышении скорости!

Соблюдайте верхний предел скорости компрессора! См. область применения.

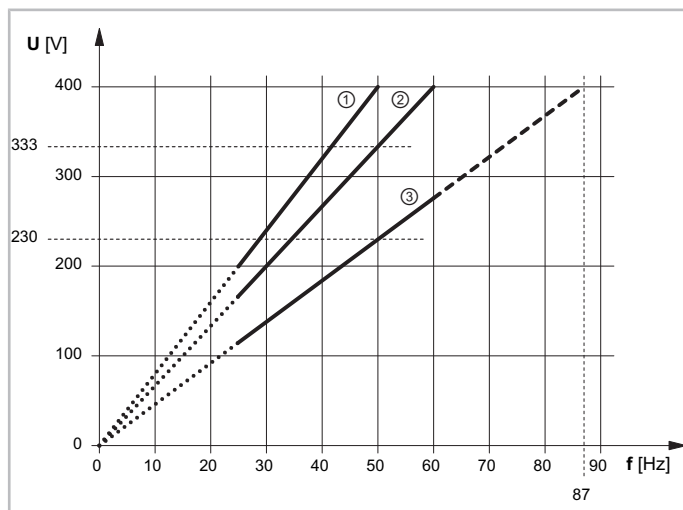


Рис. 13: Увеличение напряжения в зависимости от частоты для различных моторов, пример для CS. компрессоров.

- 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 быть выбран соответствующим образом.

i Информация

Стандартный мотор обеспечивает непосредственную работу компрессора от сети с контакторами 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.

! ВНИМАНИЕ

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 работает только при допустимых температурах.

Муфта вала и уплотнение

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

Реле защиты по чередованию фаз

Поскольку неправильная последовательность фаз/направление вращения недопустимы и могут повредить винтовой компрессор, необходим контроль направления вращения. Однако 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 (см. главу Рекомендуемые последовательности пуска и останова, стр. 80).

5 Подходящие защитные устройства

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

- Устройство защиты SE-E5, подробнее см. в Технической информации [CT-120](#).
- Устройство защиты SE-i1, подробнее см. в Технической информации [CT-110](#).
- Модуль компрессора CM-SW-01, подробнее см. в Технической информации [ST-150](#).

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, произведенных не BITZER: См. также соответствующие инструкции по эксплуатации!
- Для преобразователя частоты BITZER VARIPACK см. Инструкцию по эксплуатации [CB-110](#). Она также подробно объясняет электрические подключения и функции управления.
- Принципиальные схемы подключения различных компрессоров с преобразователем частоты собраны в Технической информации [AT-300](#).

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

Состояние поставки компрессора:



ОСТОРОЖНО

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!



ВНИМАНИЕ

Модуль компрессор может быть поврежден или выйти из строя!
 Никогда не подавайте напряжение на клеммы CN7-CN12 — даже в целях проверки!
 Напряжение, подаваемое на клеммы CN13, не должно превышать 10 V!
 Напряжение, подаваемое на клемму 3 CN14, не должно превышать 24 V! Не подавайте напряжение на другие клеммы!

Для работы с преобразователем частоты (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.



ВНИМАНИЕ

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 Прокладка кабелей

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 быть отдельно заземлен 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

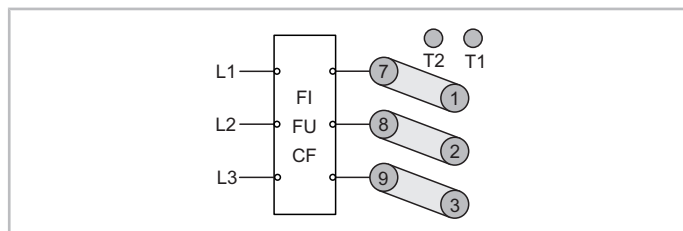


Рис. 14: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для винтовых компрессоров
 типы HS.85 / CS.85: мотор с частичными обмотками и прямым пуском от сети
 типы HS.95 / CS.95: мотор звезда-треугольник с подключением треугольником

HS.64 .. 74 / CS.75

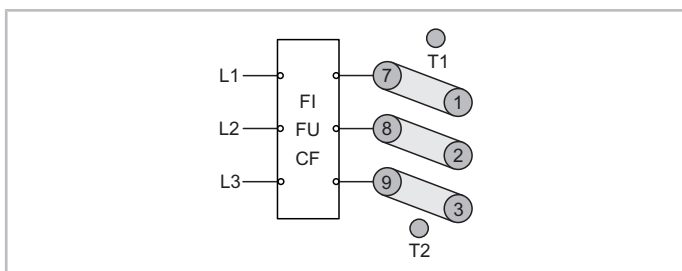


Рис. 15: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для винтовых компрессоров типов HS.64 .. 74 и CS.75, мотор с частичными обмотками и прямым пуском от сети

HS.64 .. 74 / CS.75

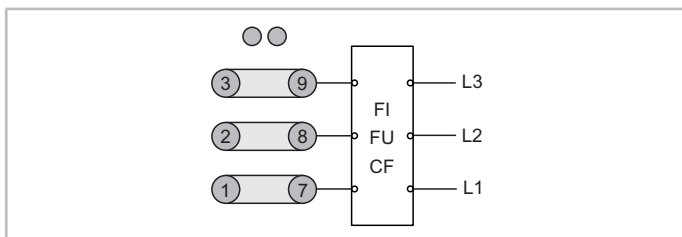


Рис. 16: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для винтовых компрессоров типов HS.53 и CS.65, мотор с частичными обмотками и прямым пуском от сети

Винтовые компрессоры BITZER серии OS. приводятся в действие внешними двигателями. Информацию о клеммах 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.

ВНИМАНИЕ
 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.

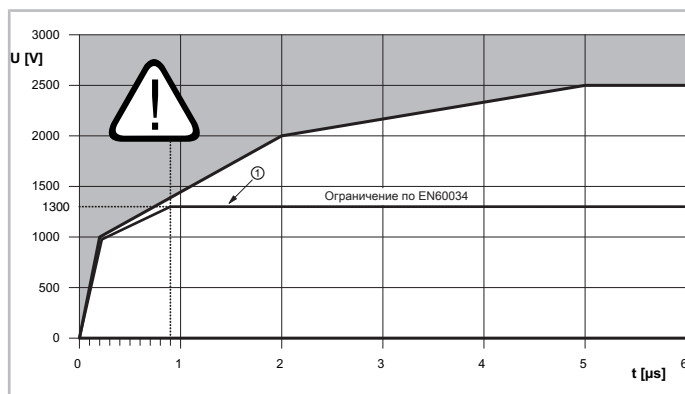


Рис. 17: Пределы повышения напряжения на клеммах мотора. Белая область: допустимый диапазон.

t: время нарастания

U: импульсное напряжение на клеммах мотора

Ⓢ: 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 В). Этот тип способен обнаруживать дифференциальные постоянные токи.

7 Ввод в эксплуатацию

7.1 Конфигурация преобразователя частоты

Для работ на преобразователе частоты (FI):



ОПАСНОСТЬ

Опасные для жизни напряжения 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.



ОСТОРОЖНО

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.



ВНИМАНИЕ

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!



ВНИМАНИЕ

Опасность повреждения мотора!
Проверьте частоту коммутации преобразования в преобразователе частоты и при необходимости настройте ее!

- Настройте минимальную и максимальную частоту (или скорость)
- Настройте номинальные данные мотора (см. фирменную табличку)
 - ток
 - напряжение
 - частота
 - количество полюсов мотора
 - (скорость мотора)
 - (мощность)
 - ($\cos \varphi$)
- 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 рамп скорости во время работы (между минимальной и максимальной частотой). Здесь изменение частоты должно быть намного медленнее, чем при пуске и останове, что выгодно для компрессора и всей системы. Оптимальный рамп также зависит от типа системы (многокомпрессорная система, один компрессор в жидкостном чиллере и т. д.). Особенно для жидкостных чиллеров и тепловых насосов производительность должна изменяться в течение нескольких минут, а не секунд. Как правило, возрастающий рамп должен быть намного медленнее, чем нисходящий рамп — в компрессорах BITZER обычно это происходит вдвое медленнее. VARIPACK имеет, например, следующие заводские настройки:
 - Возрастающий рамп: 10s/50Hz
 - 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. Инструкцию по эксплуатации CB-110).

Вибрации



ВНИМАНИЕ

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 резонансов.

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 «гар» (диапазоны обхода частот): хотя 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 запуска 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.



ОСТОРОЖНО

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.



ВНИМАНИЕ

Опасность отказа компрессора!

Эксплуатируйте компрессор 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 для компрессора.

Во время работы изменение частоты должно происходить намного медленнее, чем при пуске и останове (см. стр. 78).

Кроме исключений, описанных ниже:



ВНИМАНИЕ

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.

Модуль управляет механическими золотниками производительности и масляным электромагнитным клапаном, если компрессор работает с модулем CM-SW-01 и с преобразователем частоты.

Компрессоры CS.65 .. 95

Последовательность запуска:

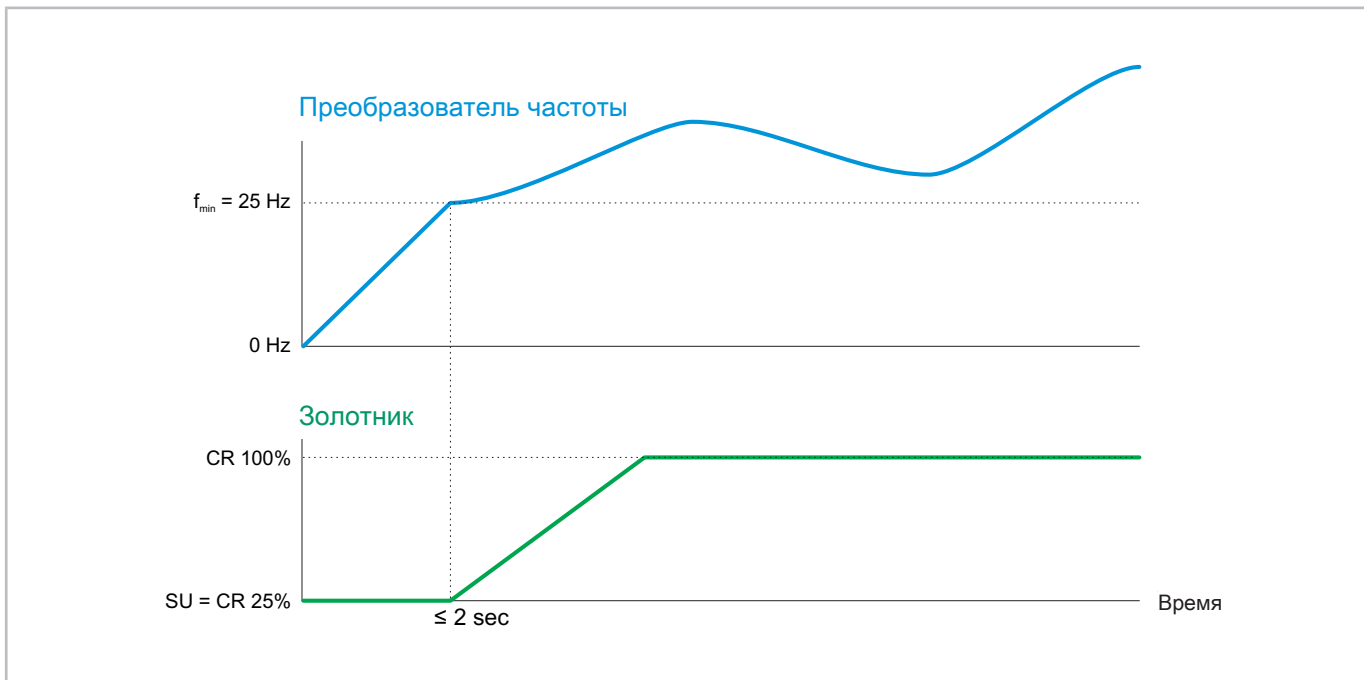
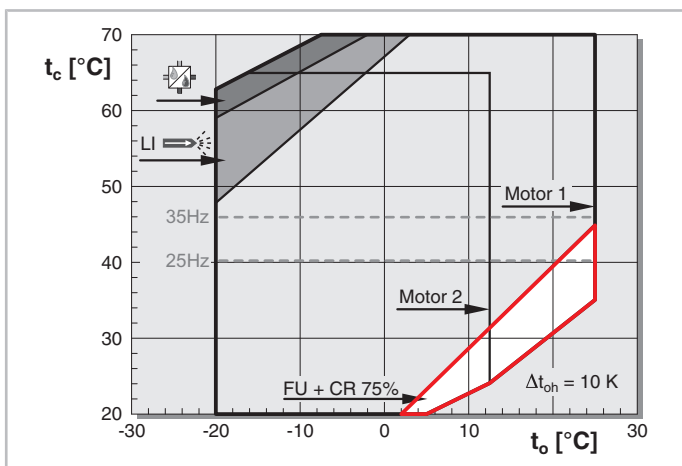


Рис. 18: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров CS.65 .. 95 с преобразователем частоты (FI). Запустите с разгруженным золотником CR, задействуйте FI на минимальной скорости 25 Hz на 2 сек. максимум, затем переключите электромагнитные клапаны CR до 100% (см. Инструкцию по эксплуатации [SB-170](#),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

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 на рис. 6, стр. 66](#)):



Последовательность останова:

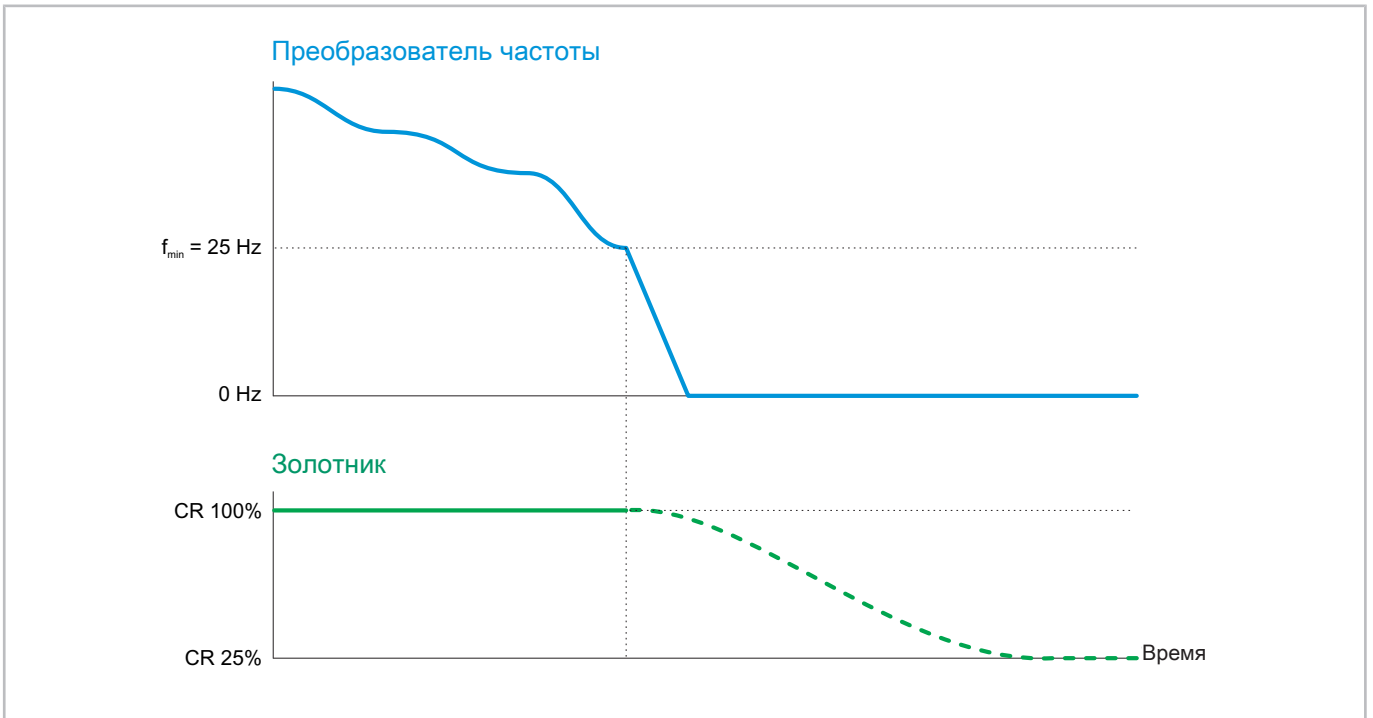


Рис. 19: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров CS.65 .. 95 с преобразователем частоты (FI). После выключения FI золотник CR пассивно возвращается на 25% в течение прибл. 5 мин, клапан CR3 остается под напряжением (см. инструкцию по эксплуатации [SB-170](#)).

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

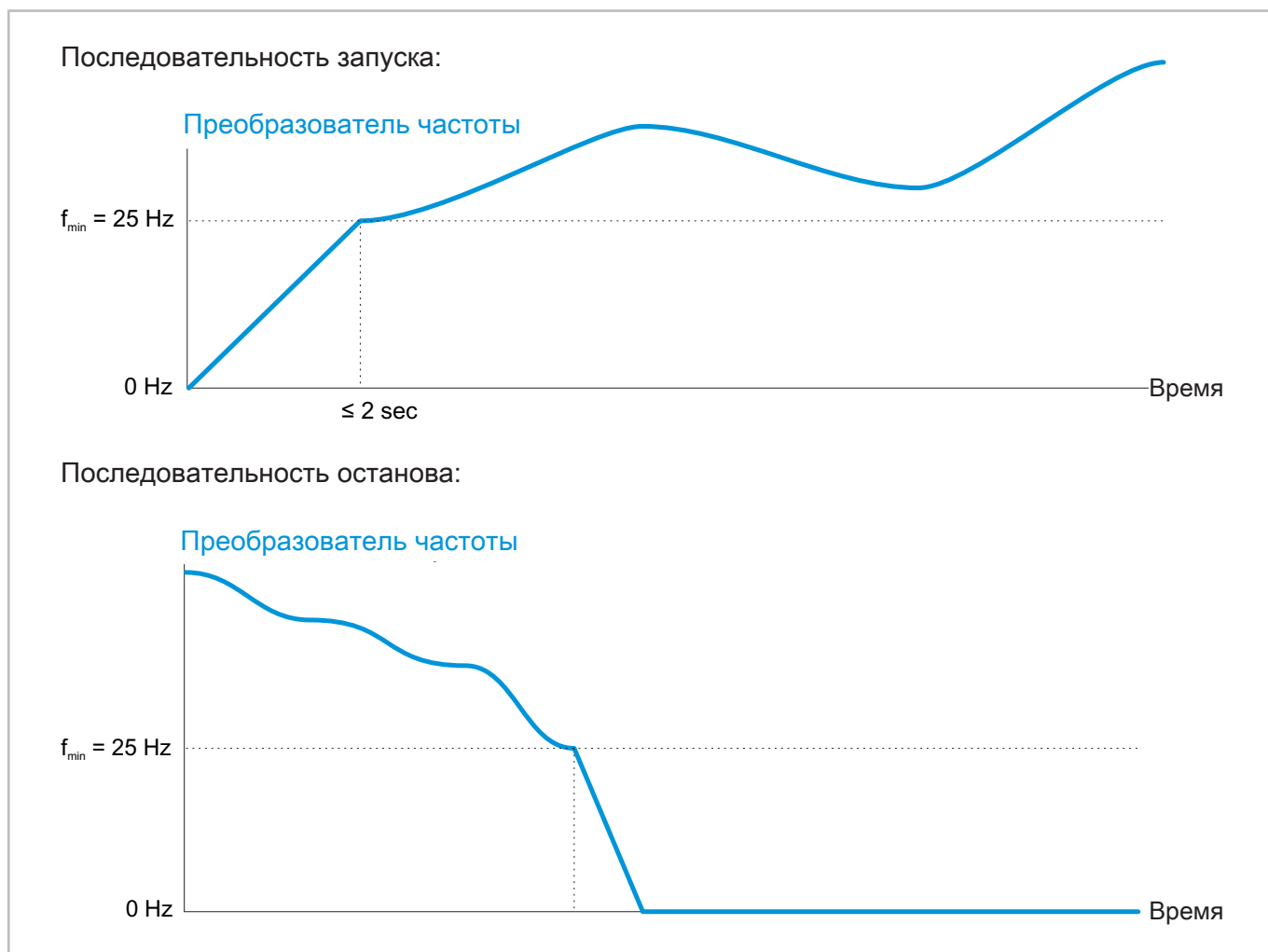


Рис. 20: Рекомендуемая последовательность пуска и останова компрессоров CS.105 и HS.95 с преобразователем частоты (FI) и модулем компрессора CMSW-01 в режиме «Преобразователь частоты». Модуль управляет подачей масла, а также электромагнитными клапанами CR для регулирования производительности (см. Инструкцию 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 запуска компрессора золотники автоматически перемещаются в положение полной нагрузки, после остановки компрессора они активно не разгружаются. Это позволяет ускорить новый пуск, поскольку регулирование производительности с помощью преобразователя частоты можно запустить напрямую, без повышенного риска того, что компрессор вовремя не достигнет своей области применения.

Компрессоры HS.53..74 и OS.53..74

Последовательность запуска:

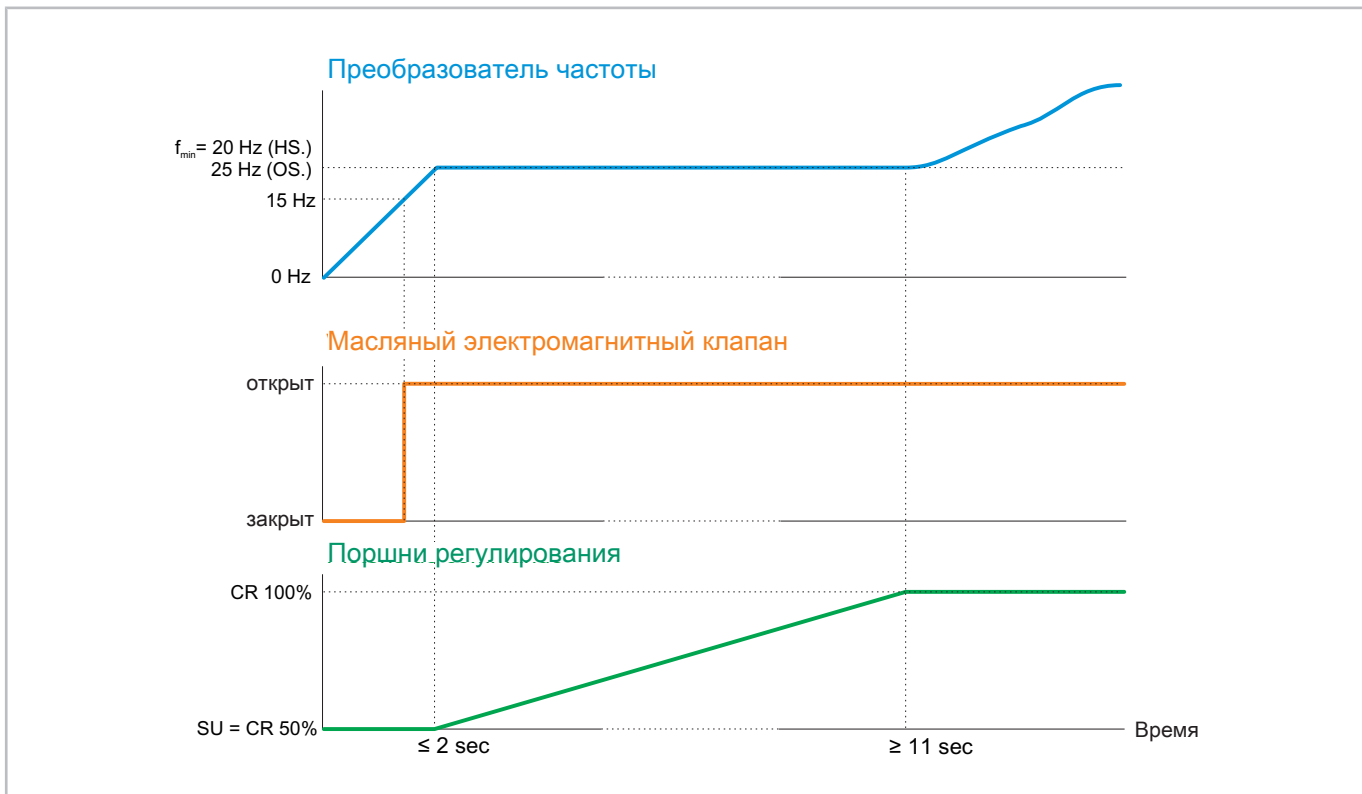


Рис. 21: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 с преобразователем частоты (FI). Запустите поршни регулирования с разгруженным пуском, откройте масляный электромагнитный клапан, как только FI достигнет частоты 15 Hz. На минимальных оборотах (20 Hz для HS., 25 Hz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

Последовательность останова:

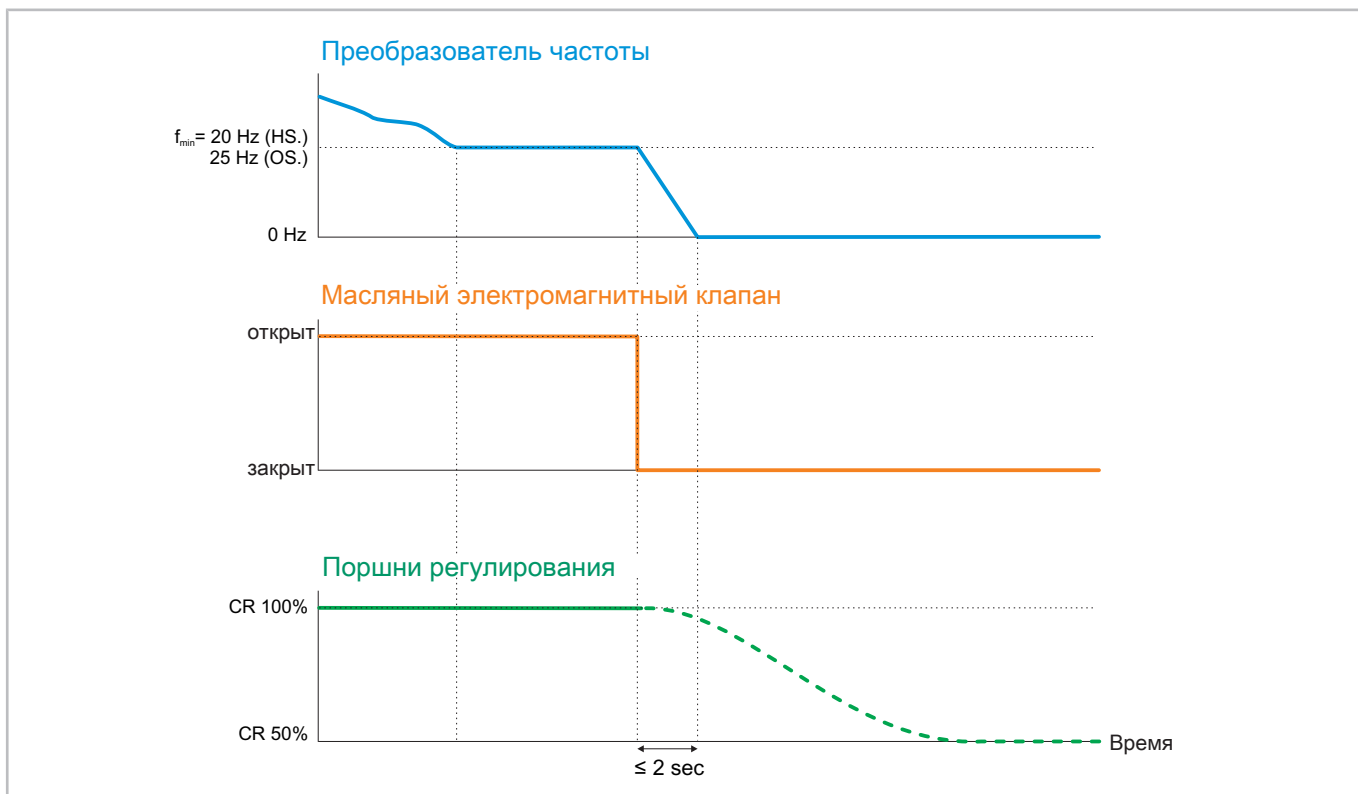


Рис. 22: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров OS.53 .. 74, HS.53 .. 74 с преобразователем частоты (FI). После выключения FI поршни регулирования пассивно возвращаются назад до 50 %.

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

Последовательность запуска:

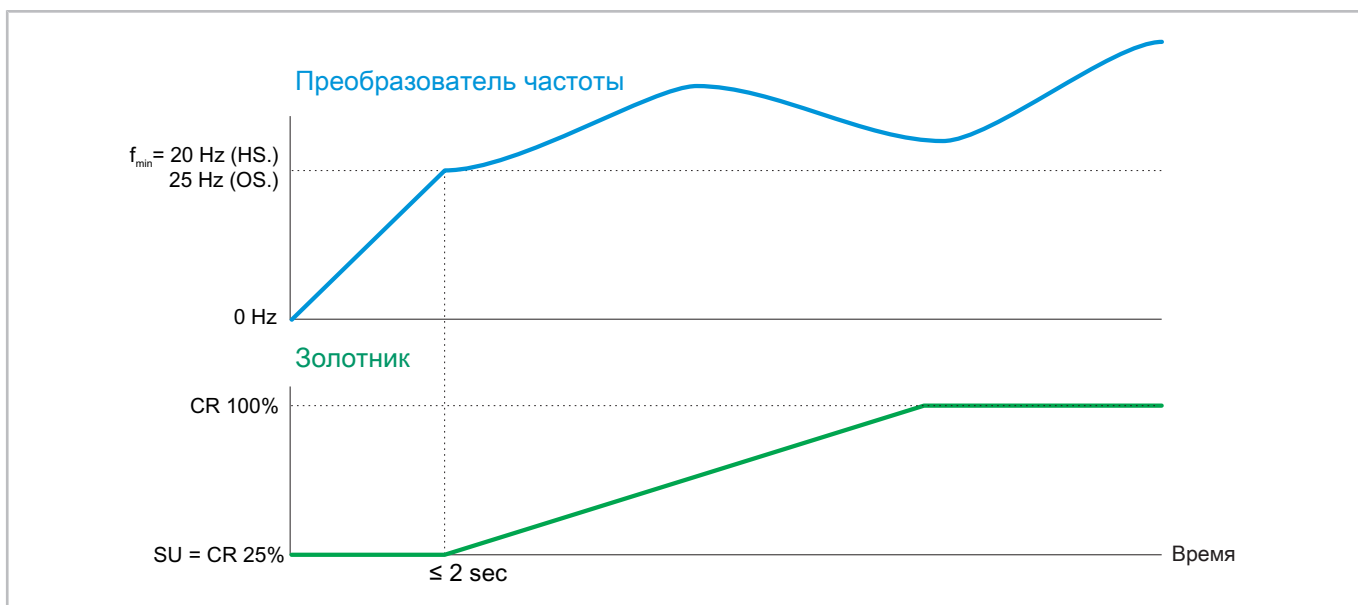


Рис. 23: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров HS.85 и OS.85 с преобразователем частоты (FI). Запустите с разгруженным золотником CR. Как только FI достигнет минимальной скорости (20 Hz для HS., 25 Hz для OS.), переключите электромагнитные клапаны на 100%, как описано в Инструкции по эксплуатации *SB-110* соотв. *SB-510* (CR4 или Y4 прерывисто). Поскольку компрессоры оборудованы встроенной системой управления маслом, нет необходимости в регулировании масляного электромагнитного клапана.

Последовательность останова:

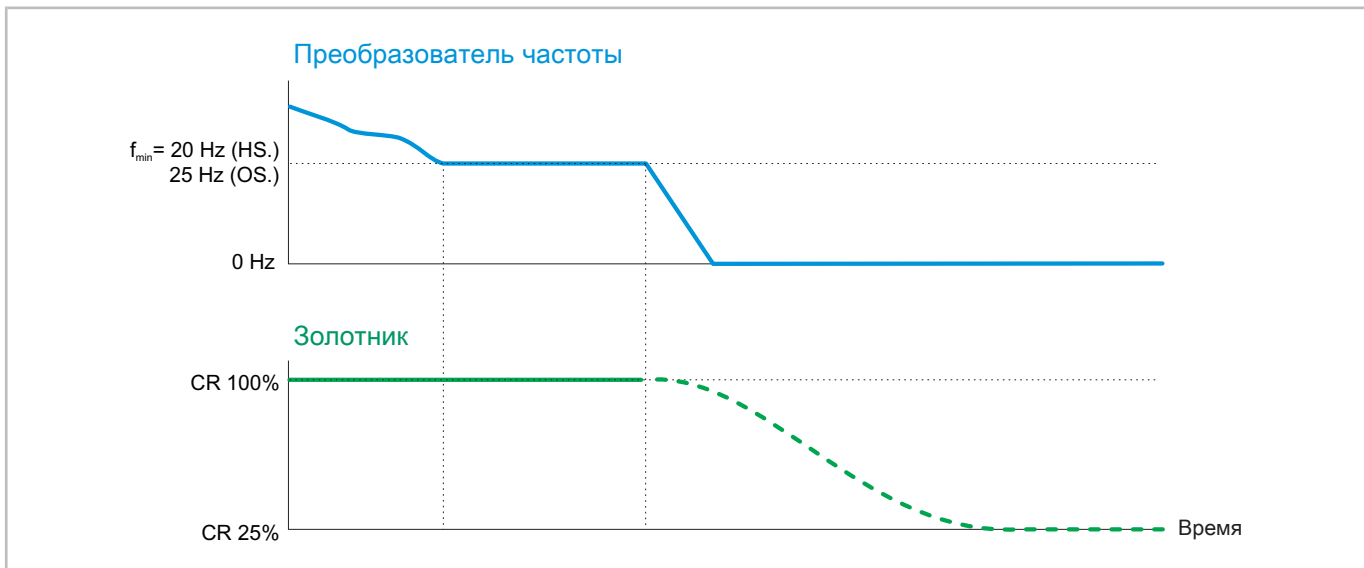


Рис. 24: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров HS.85 и OS.85 с преобразователем частоты (FI). После выключения FI золотник CR пассивно возвращается до 25%.

Компрессоры OS.A85 и OS.95 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 небольшой 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 запуска:

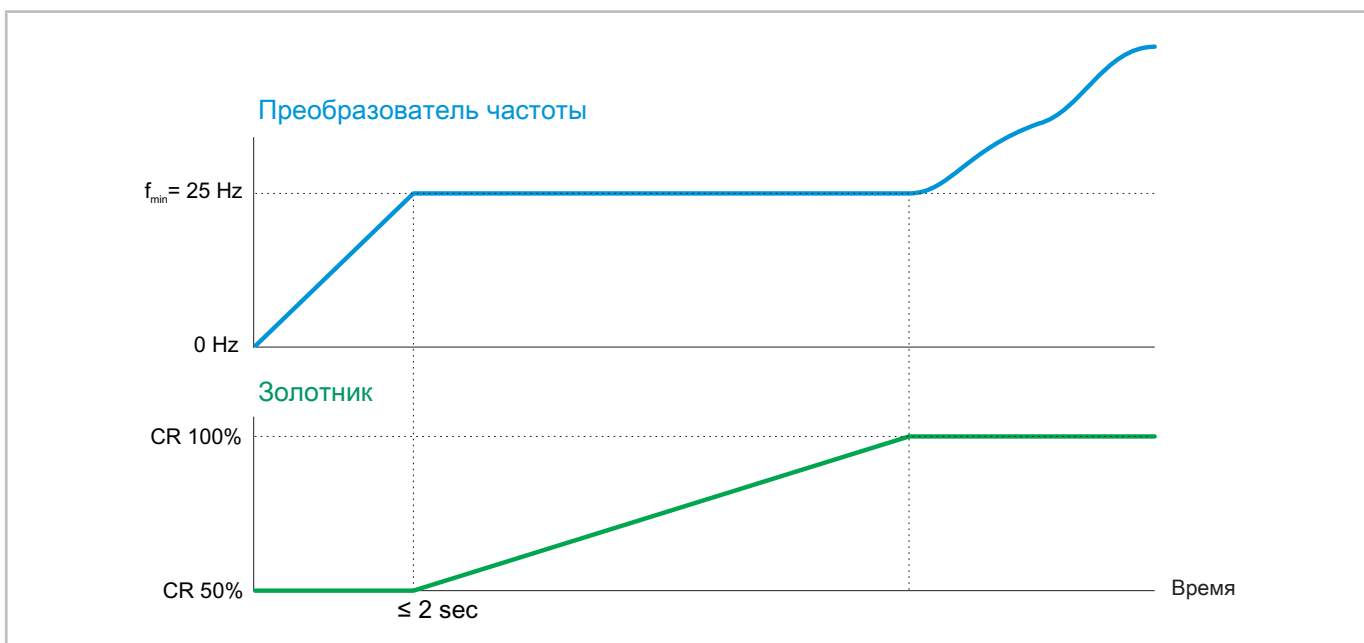


Рис. 25: Рекомендуемая последовательность пуска компрессоров OS.A85 и OS.95 с преобразователем частоты (FI) и модулем компрессора CM-SW-01. Модуль управляет подачей масла, а также электромагнитными клапанами CR для регулирования производительности (см. Инструкцию по эксплуатации SB-520). В режиме «Преобразователь частоты» модуль настроен так, что ставит золотник CR для разгрузки при пуске на мин. 50 % вместо 25 % (можно выбрать 50 .. 100 %).

Последовательность останова:

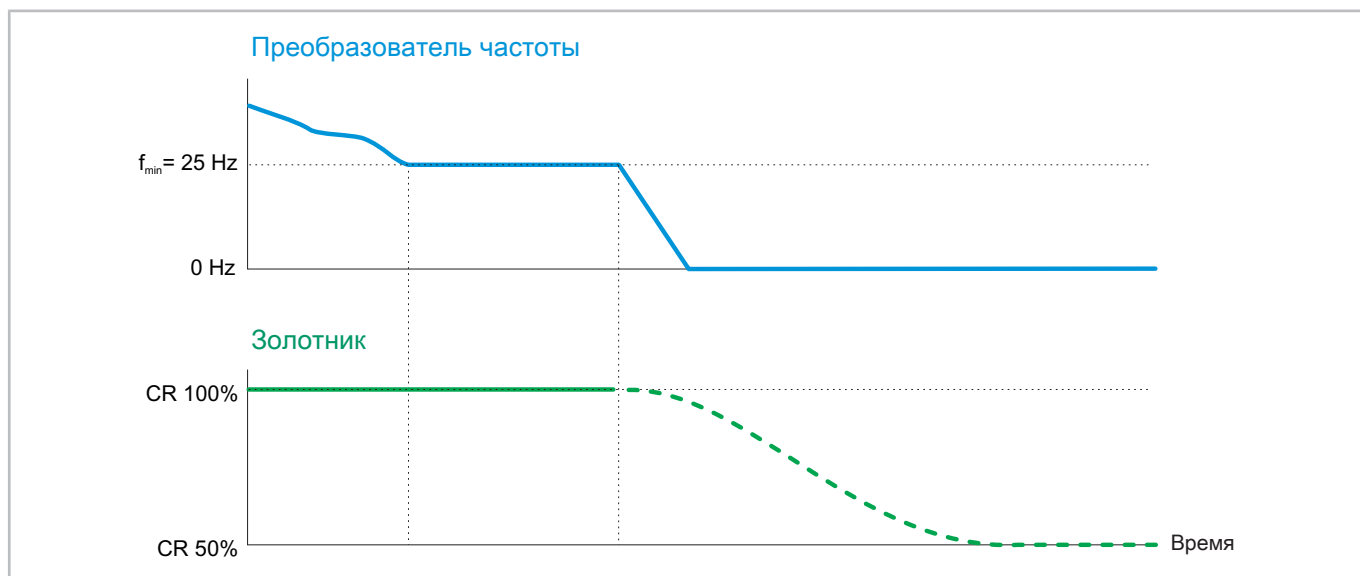


Рис. 26: Рекомендуемая последовательность останова компрессоров OS.A85 и OS.95 с преобразователем частоты (FI) и модулем компрессора CM-SW-01. Модуль управляет подачей масла, а также электромагнитными клапанами CR (см. Инструкцию по эксплуатации [SB-520](#)). В режиме «Преобразователь частоты» модуль настроен так, что ставит золотник CR для разгрузки при пуске 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.

Запуск 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 режимах пуска возможно максимум 4 .. 8 пусков в час, см. инструкцию по эксплуатации).

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