

KT-420-5 RUS

Einsatz von externen Frequenzumrichtern bei Bitzer Hubkolbenverdichtern

Deutsch 2

Operation of Bitzer reciprocating compressors with external frequency inverters

English..... 29

Использование внешних преобразователей частоты с поршневыми компрессорами BITZER

Русский 56

ECOLINE halbhermetische Hubkolbenverdichter

OCTAGON SL R744-Verdichter subkritisch

ECOLINE ME R744-Verdichter subkritisch

ECOLINE R744-Verdichter transkritisch

ECOLINE+ R744-Verdichter transkritisch (LSPM-Motor)

Offene Hubkolbenverdichter

06.2022

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

Содержание

1 Введение	57
2 Безопасность	59
3 Работа с преобразователем частоты	60
3.1 Холодопроизводительность и эффективность системы.....	60
3.2 Область применения	61
4 Подбор	65
4.1 Подбор с помощью BITZER SOFTWARE	65
4.2 Моторы компрессора	69
4.3 Необходимо соблюдать для открытых компрессоров	72
4.4 Необходимо соблюдать для тандем и 2-ступенчатых компрессоров	72
5 Подходящие защитные устройства	72
6 Электрический монтаж компрессора и преобразователя частоты	77
6.1 Прокладка кабелей.....	78
6.2 Клеммы мотора на клеммной колодке	78
6.3 Импульсы напряжения на клеммах мотора	78
6.4 Цепь защит	79
6.5 Коррекция коэффициента мощности.....	79
6.6 Автоматы защитного отключения	79
6.7 Мотор с постоянными магнитами с прямым пуском (LSPM мотор)	80
7 Ввод в эксплуатацию.....	81
7.1 Конфигурация преобразователя частоты	81
7.2 Рекомендуемые последовательности запуска и останова	82
7.3 Частота циклов и минимальное время работы.....	82

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

- Поршневые компрессоры BITZER
- в сочетании с внешними преобразователями частоты для регулирования скорости, например BITZER VARIPACK.

Все поршневые 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%.

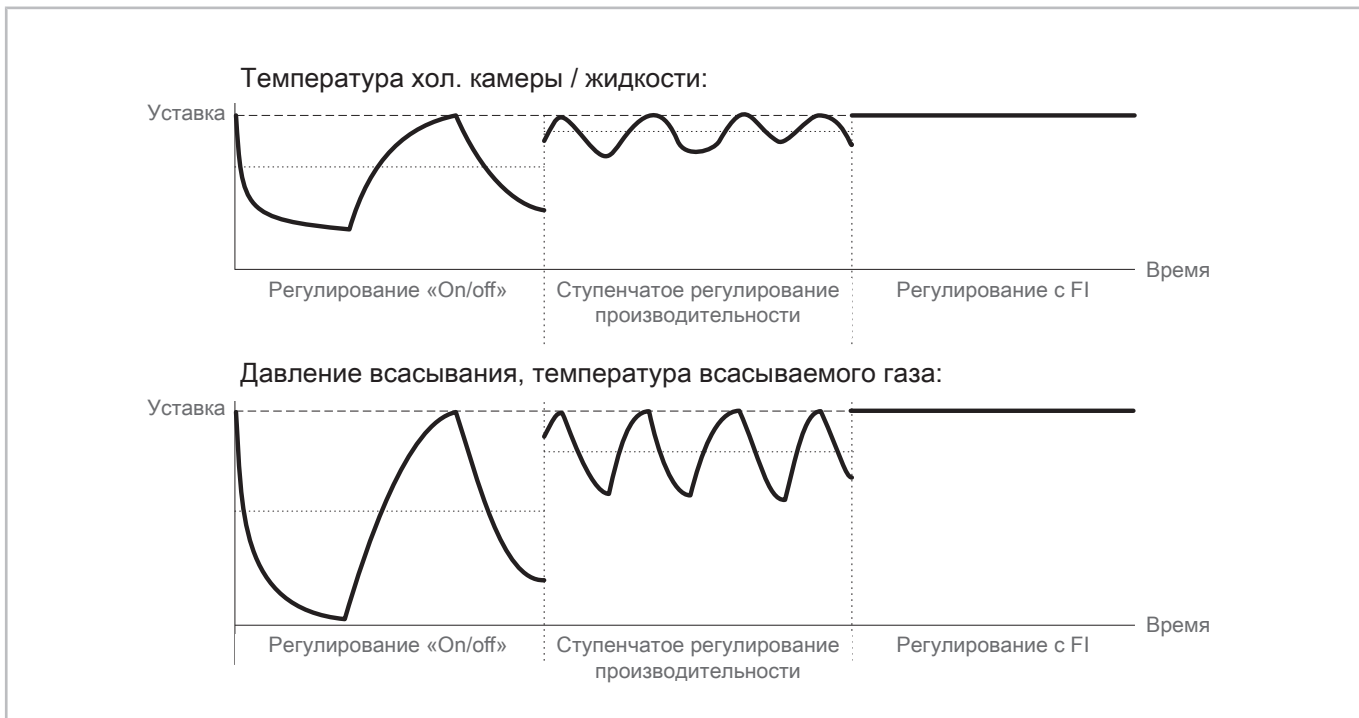


Рис. 1: Регулирование производительности с помощью преобразователя частоты (FI) по сравнению с «on/off» и ступенчатым механическим регулированием

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

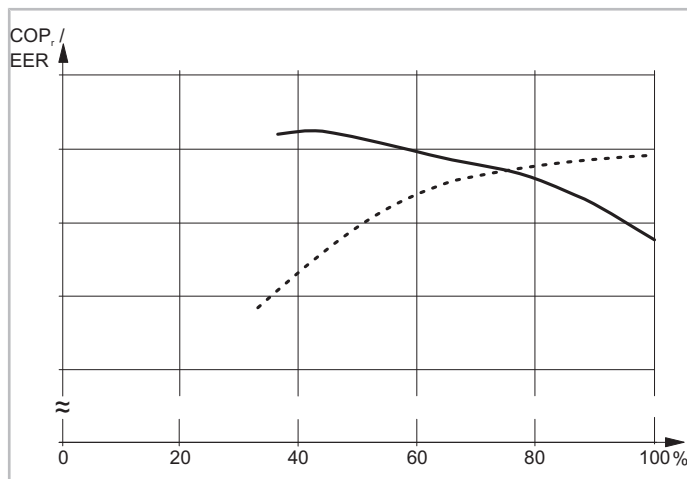


Рис. 2: Сравнение характеристик эффективности регулирования производительности поршневого компрессора 6JE с CR регулированием и преобразователем частоты (FI): коэффициент производительности COPr/EER (отношение холодопроизводительности к потребляемой мощности) в зависимости от нагрузки.

Пунктирная линия: CR регулирование.

Сплошная линия: FI регулирование производительности.

Условия эксплуатации: R449A, $t_c: -10^{\circ}\text{C} / t_c: 45^{\circ}\text{C} / \Delta t_{\text{он}}: 20\text{ K}$

Оптимальная производительность CR всегда составляет 100 %, при этом с FI эффективная работа 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

KB-104: Инструкция по эксплуатации полугерметичных поршневых компрессоров BITZER ECOLINE и ECOLINE VARISPEED

KB-120: Инструкция по эксплуатации полугерметичных поршневых компрессоров для субкритических R744 применений

KB-130: Инструкция по эксплуатации полугерметичных поршневых компрессоров для транскритических R744 применений

KB-150: Инструкция по эксплуатации поршневых компрессоров – дополнение "2-ступ."

KB-520: Инструкция по эксплуатации открытых поршневых компрессоров

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

AT-640: Техническая информация по использованию R717 в компрессорах 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.

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

3 Работа с преобразователем частоты

3.1 Холодопроизводительность и эффективность системы

Механическое регулирование производительности

Холодопроизводительность поршневого компрессора может быть механически адаптирована к запрашиваемой от системы производительности, напр. посредством:

- блокирования порта всасывания
- блокирования потока газа со стороны всасывания к отдельным блокам цилиндров
- в многокомпрессорных системах также включением и выключением отдельных компрессоров.

Компрессор работает с постоянной скоростью, скорость мотора напрямую зависит от частоты сети. Это приводит к следующей номинальной скорости для 4-полюсных асинхронных моторов:

- 1450 min⁻¹ при 50 Hz и
- 1750 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. 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. 61).

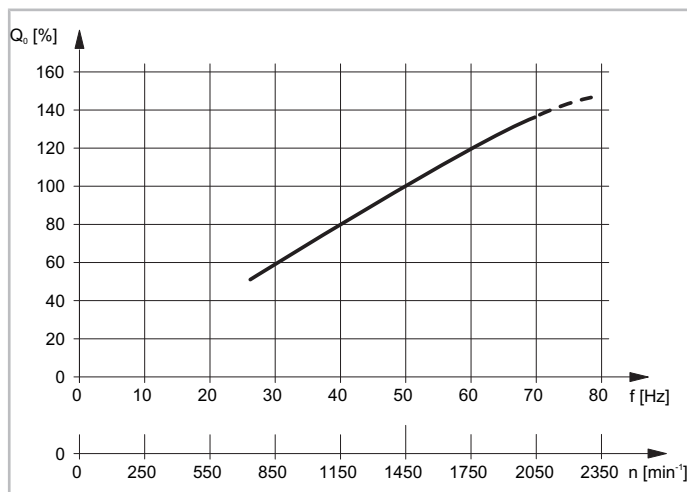


Рис. 4: Типовой график холодопроизводительности Q_0 в зависимости от частоты питания и частоты вращения поршневых компрессоров

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)
- 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)	Стандартный мотор
Полугерметичные поршневые компрессоры			
ECOLINE			
2KES .. 2FES	30 .. 70	900 .. 2050	40S
2EES .. 2CES	30 .. 70	900 .. 2050	40S
4FES .. 4BES	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VES .. 4NES	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4VE .. 4NE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
4JE .. 4FE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6JE .. 6FE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
OCTAGON SL R744 субкритические			
2NSL .. 2FSL	30 .. 75	900 .. 2200	40S
2ESL .. 2CSL	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4FSL .. 4CSL	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4VSL .. 4NSL	25 .. 70	750 .. 2050	40P
ECOLINE ME R744 субкритические			
2MME .. 2FME	30 .. 75	900 .. 2200	40S
2EME .. 2DME	30 .. 75	900 .. 2200	40S
6TME .. 6PME	25 .. 70	750 .. 2050	40P
ECOLINE R744 транскритические			
2MTE .. 2KTE	30 .. 75	900 .. 2200	40S
4PTE .. 4KTE	25 .. 70	750 .. 2050	40S
4JTE .. 4CTE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
6FTE .. 6CTE	25 .. 70	750 .. 2050	40P
8FTE .. 8CTE	30 .. 60	900 .. 1750	40D
ECOLINE+ R744 транскритические (LSPM)			
4PTEU .. 4KTEU	25 .. 70	750 .. 2100	40S
4JTEU .. 4CTEU	25 .. 70	750 .. 2100	40S
6FTEU .. 6CTEU	25 .. 70	750 .. 2100	40S
Открытые поршневые компрессоры			
2T.2 .. 4G.2 W2TA .. W4GA		750 .. 1750	(внешний мотор)
6H.2 .. 6F.2 W6HA .. W6FA		900 .. 1750	(внешний мотор)
2TFR .. 2NFR		по запросу	(внешний мотор)
4UFC .. 6NFC		по запросу	(внешний мотор)

Таб. 1: Допустимые диапазоны скорости и частоты поршневых компрессоров BITZER с внешними преобразователями частоты и стандартными моторами (также соблюдайте области применения и максимальное потребление тока мотора)

BITZER разработал специальную серию ECOLINE VARISPEED со встроенным преобразователем частоты, в которой компрессор и преобразователь частоты оптимально дополняют друг друга (см. Инструкцию по эксплуатации [KB-104](#), Техническую информацию [KT-210](#) и [KT-220](#)):

- Компрессор 2DES-3.F1 с частотой 30 .. 87 Hz

- Компрессор 4FE-5.F1 .. 4NE-20.F4 с частотой 25 .. 87 Hz
- Компрессор 4PTE-7.F3K .. 4KTE-10.F4K с частотой 25 .. 87 Hz

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. 69). Дополнительная информация доступна по запросу.

Области применения

На следующем рисунке в качестве примера показаны области применения для поршневых 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.

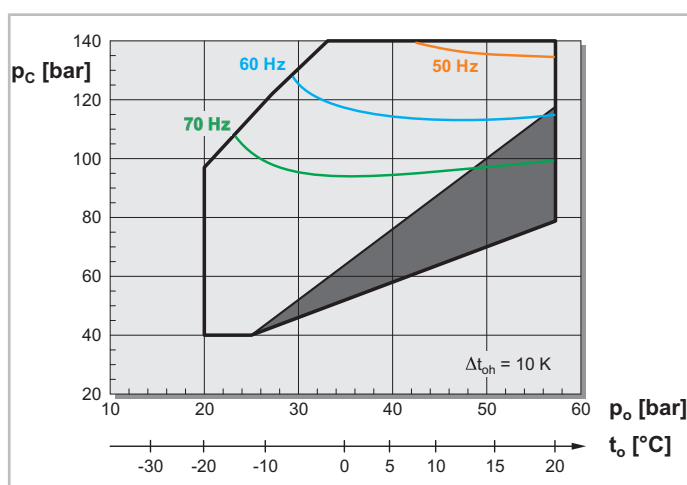


Рис. 5: Пример области применения для поршневого компрессора 4MTE-10 для хладагента R744 (CO₂) с преобразователем частоты на 50, 60 и 70 Hz (ограничения по температуре мотора или максимальному току). Компрессор можно эксплуатировать только **ниже** указанных линий частот (в противном случае выберите инвертор большей мощности для более широкого диапазона области применения).

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

Темно-серая область: обратите внимание на условия эксплуатации.

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. 82).

4 Подбор

4.1 Подбор с помощью BITZER SOFTWARE

i Информация

В настоящее время BITZER SOFTWARE предлагает расчеты с преобразователем частоты только для полугерметичных 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. 61). 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 'Compressor model' set to '4MTE-10K' and 'External FI' 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, with several values highlighted in green:

Tentative Data. Power consumption at compressor inlet.	
Compressor	4MTE-10K-40S
Frequency compressor	60,0 Hz
Cooling capacity	24,9 kW
Evaporator capacity	24,9 kW
Power input	8,18 kW
Current (400V)	14,11 A
Gas cooler capacity	33,1 kW
COP/EER	3,05
Mass flow	491 kg/h
min. cooling capacity	9,11 kW (25 Hz)
max. cooling capacity	29,7 kW (70 Hz)
Discharge gas temp. w/o cooling	88,6 °C
optimal high pressure	75,0 bar(a)

Рис. 6: 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. 69). Однако расчет моторов с особым напряжением не реализован в BITZER SOFTWARE и доступен по запросу.

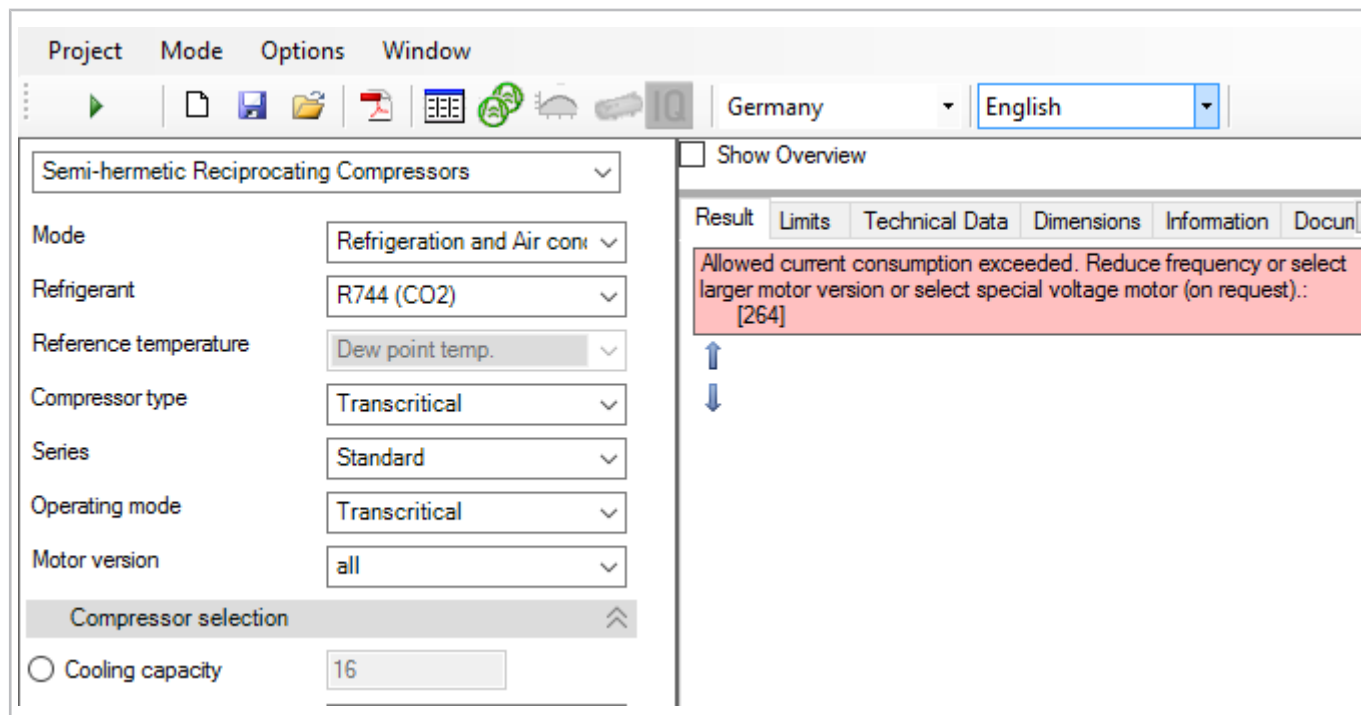


Рис. 7: Увеличивая рабочую частоту выбранного компрессора, можно превысить максимальное потребление тока. В этом случае программа рекомендует более мощную версию мотора или мотор со специальным напряжением.

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

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

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 F1» .

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:

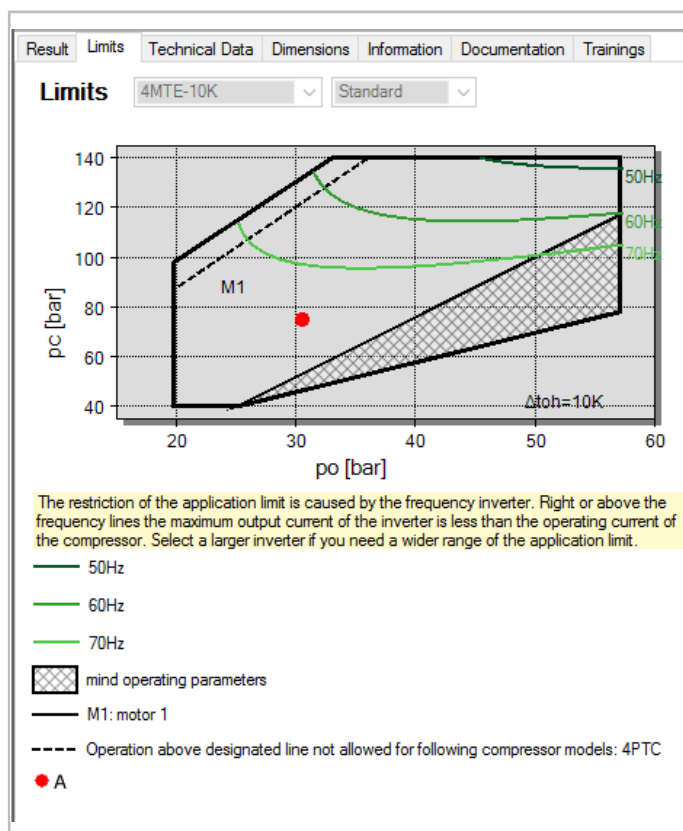


Рис. 8: Визуализация области применения преобразователя частоты в BITZER SOFTWARE.

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

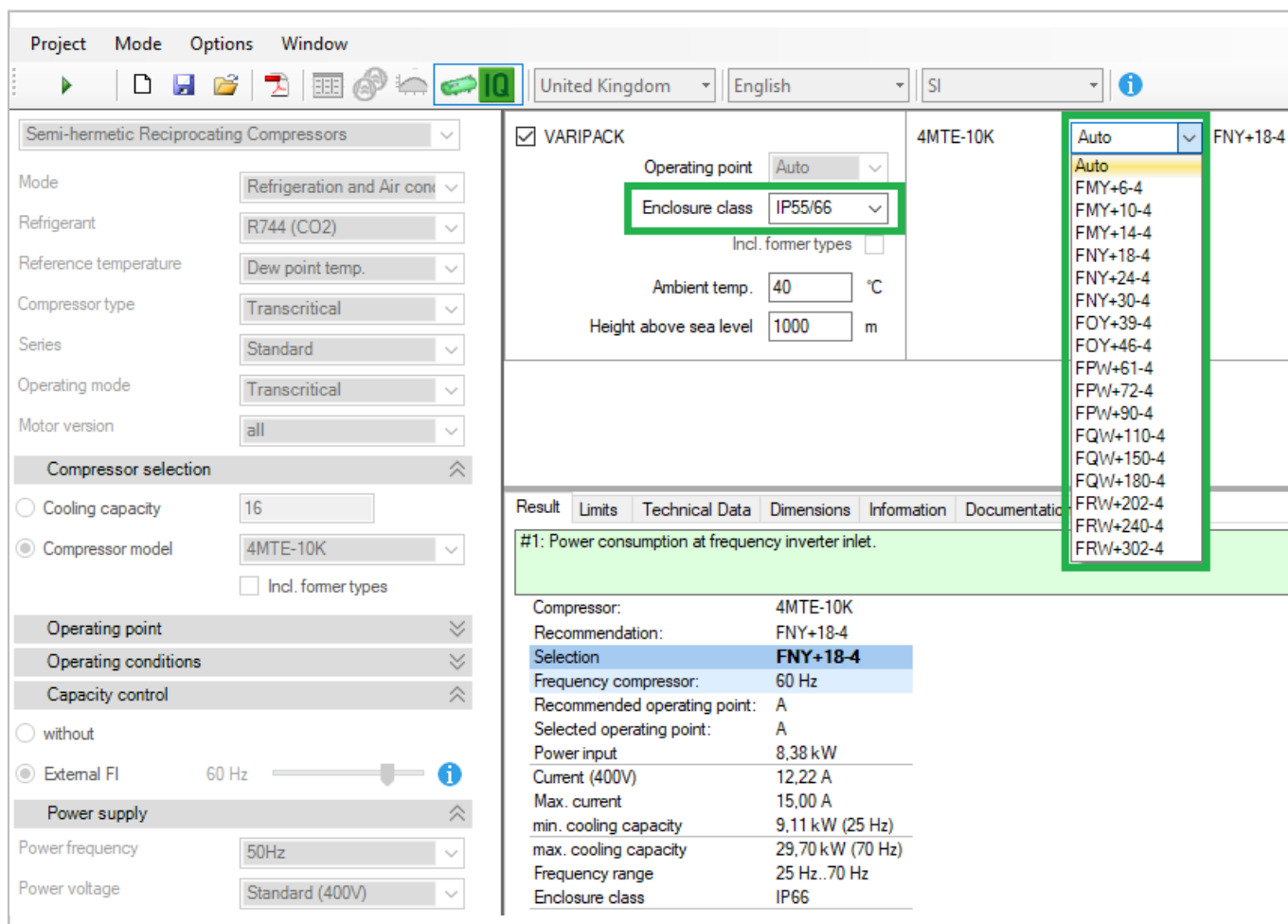


Рис. 9: Меню выбора преобразователя частоты VARIPACK в модуле «Доп. оборудование» в BITZER SOFTWARE

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.

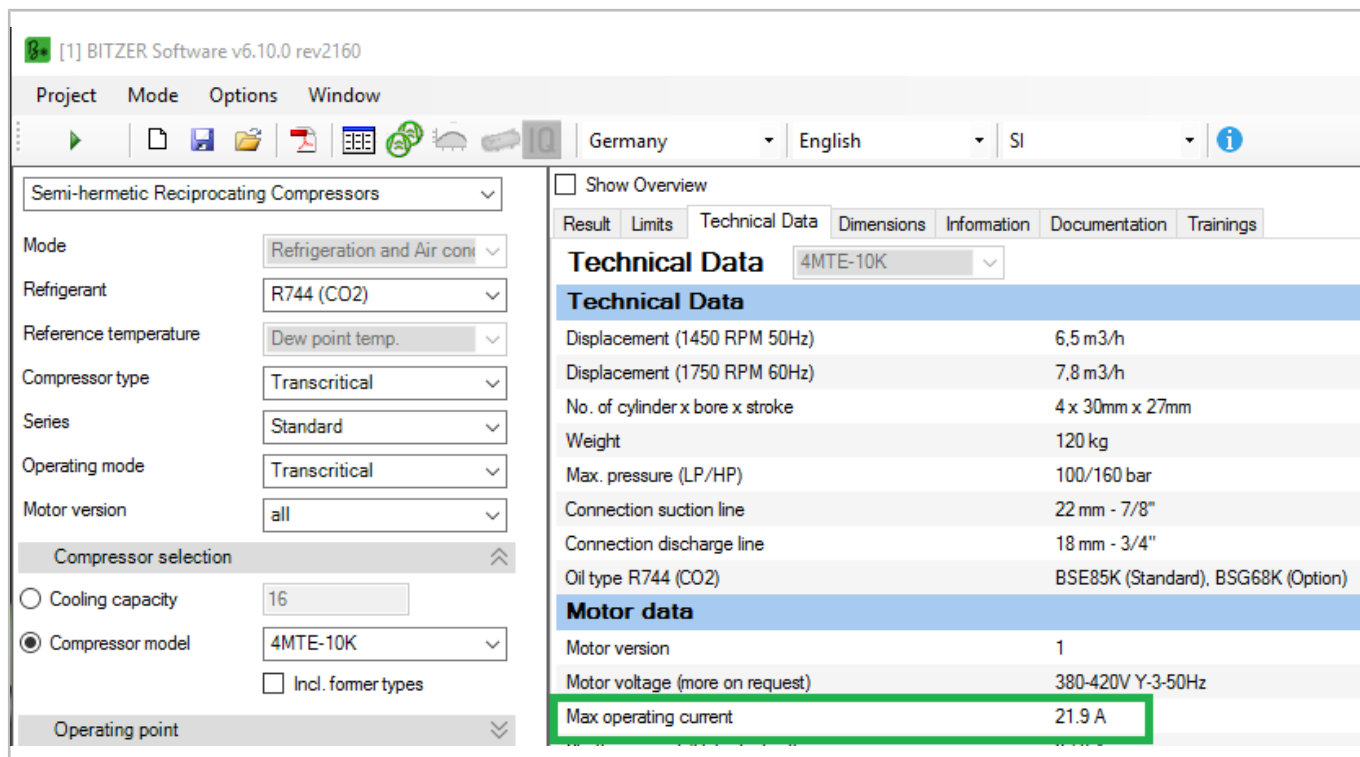
Преобразователь частоты должен иметь возможность непрерывно подавать рабочий ток на компрессор при любых ожидаемых условиях эксплуатации. Следует запланировать не менее 10% дополнительного резерва, т.е. иметь возможность компенсировать пониженное напряжение в сети. Если преобразователь частоты имеет 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 FC для тока на время запуска компрессора. Поскольку крутящий момент поршневых компрессоров непостоянен с углом поворота (чем больше число цилиндров, тем постояннее крутящий момент), при меньшем числе цилиндров требуется больший пусковой момент. Коэффициенты компенсации, следующие:

- 2-цилиндровые компрессоры для R744: $F = 3$
- другие 2-цилиндровые компрессоры: $F = 2,0$
- 4-цилиндровые компрессоры: $F = 1,6$
- 6-цилиндровые компрессоры: $F = 1,5$
- 8-цилиндровые компрессоры: $F = 1,4$

Этот коэффициент умножается на «Макс. рабочий ток», который BITZER SOFTWARE указывает для соответствующего мотора во вкладке «Технические данные» (см. рисунок 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 active, with 'Refrigerant' set to R744 (CO2), 'Compressor type' to Transcritical, and 'Compressor model' to 4MTE-10K. On the right, the 'Technical Data' tab is selected, showing the following data:

Technical Data	
Displacement (1450 RPM 50Hz)	6,5 m3/h
Displacement (1750 RPM 60Hz)	7,8 m3/h
No. of cylinder x bore x stroke	4 x 30mm x 27mm
Weight	120 kg
Max. pressure (LP/HP)	100/160 bar
Connection suction line	22 mm - 7/8"
Connection discharge line	18 mm - 3/4"
Oil type R744 (CO2)	BSE85K (Standard), BSG68K (Option)
Motor data	
Motor version	1
Motor voltage (more on request)	380-420V Y-3-50Hz
Max operating current	21.9 A

Рис. 10: «Макс. рабочий ток», указанный в BITZER SOFTWARE (здесь: 21.9 A), умноженный на коэффициент компенсации конкретного компрессора (для 4-цилиндровых компрессоров: $F = 1,6$), 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. 11, стр. 70). 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).



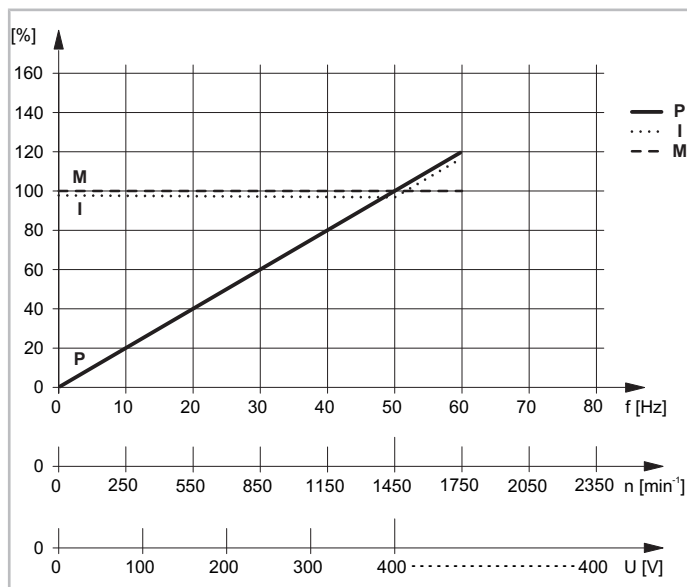


Рис. 11: Рабочие характеристики мотора компрессора для работы с преобразователем частоты (400 V/3/50 Hz) с резервом.

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 40S или 40P (*см. главу Область применения, стр. 61*). Они очень экономичны и имеют большой рабочий диапазон. BITZER SOFTWARE указывает стандартный мотор для каждого компрессора. Напряжение питания

- 400 V при 50 Hz соответственно
- 460 V при 60 Hz.

LSPM Моторы

Компрессоры, оснащенные мотором с постоянными магнитами с прямым пуском (LSPM мотор), можно идентифицировать по буквам «U» и «L», добавленным к обозначению модели (например, 6СТЕU-50LK). Встроенные постоянные магниты создают незначительное магнитное поле, которое, при этом, экранируется корпусом компрессора.



Рис. 12: Предупреждающие и запрещающие знаки на компрессоре с мотором с постоянными магнитами

Знаки безопасности, прикрепленные к компрессору



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Сильное магнитное поле!

Держите магнитные и намагничивающиеся предметы вдали от компрессора!



Лица с кардиостимуляторами, имплантированными сердечными дефибрилляторами или металлическими имплантатами: соблюдайте дистанцию не менее 30 см!

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.



ВНИМАНИЕ

Повреждение компрессора и мотора при превышении скорости!

Соблюдайте верхний предел скорости компрессора! См. область применения.

В зависимости от конструкции и/или допустимого диапазона частот вращения компрессора предпочтительным вариантом мотора является (для электросети 400 V/3/50 Hz):

- 40S: 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)

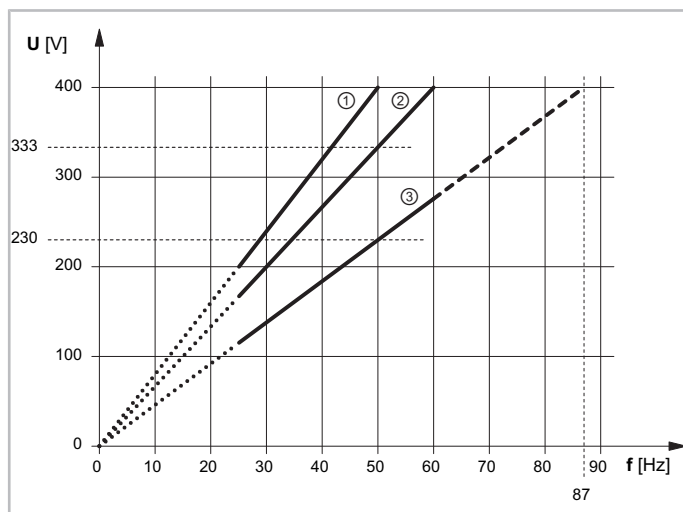


Рис. 13: Увеличение напряжения в зависимости от частоты для различных моторов

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.



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.



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 (см. также Техническую информацию [КТ-160](#)).

4.4 Необходимо соблюдать для тандем и 2-ступенчатых компрессоров

Выравнивание масла для полугерметичных тандем компрессоров

Когда тандем компрессоры работают с преобразователем частоты, уровень масла между обеими сторонами тандема может различаться. Таким образом, между двумя сторонами должна быть установлена система контроля уровня масла или выравнивания масла и газа.

RI клапан для полугерметичных 2-ступенчатых компрессоров

Для двухступенчатых компрессоров необходимо обеспечить достаточный перегрев на клапане впрыска хладагента (RI) во всем диапазоне скоростей. Поэтому выберите клапан, подходящий для применения.

5 Подходящие защитные устройства

Устройства SE-B*, а также модуль компрессора CM-RC-01 подходят для работы поршневых компрессоров с преобразователем частоты.

Устройства защиты SE-B*

Смотрите Техническую информацию [СТ-120](#).



ВНИМАНИЕ

Возможен выход из строя устройства защиты компрессора и мотора из-за неправильного подключения и/или неправильной работы!

Клеммы M1-M2 или T1-T2 на компрессоре и B1-B2 на устройстве защиты, а также два кабеля его датчиков не должны соприкасаться с управляющим или рабочим напряжением!

Модуль компрессора CM-RC-01

См. техническую информацию [КТ-230](#). Для монтажа дополнительного комплекта CM-RC-01 см. также:

- [KW-231](#) для компрессоров 4JE .. 4FE и 6JE .. 6FE
- [KW-232](#) для компрессоров 4VES .. 4NES
- [KW-233](#) для компрессоров 4FES .. 4BES
- видео по следующей ссылке: www.youtube.com/watch?v=LJfMtE2Kq4w



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 компрессора 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!

Никогда не подавайте напряжение на выходы напряжения, даже для проверки.

Для безопасной и надежной работы в BEST SOFTWARE имеется специальный режим «Преобразователь частоты» для CM-RC-01.

При использовании CM-RC-01 впрыск хладагента (RI) теперь можно комбинировать с преобразователем частоты (или с системой CR11 для механического регулирования производительности), что расширяет области применения компрессора. CM-RC-01 обеспечивает очень точный, в зависимости от потребности впрыск в широком диапазоне производительности. Один и тот же комплект RI можно использовать для разных хладагентов и типоразмеров компрессора (в одном корпусе).

Кроме того, модуль CM-RC может управлять дополнительным вентилятором и мониторить работу компрессора, включая журнал данных.

Принципиальные схемы подключения

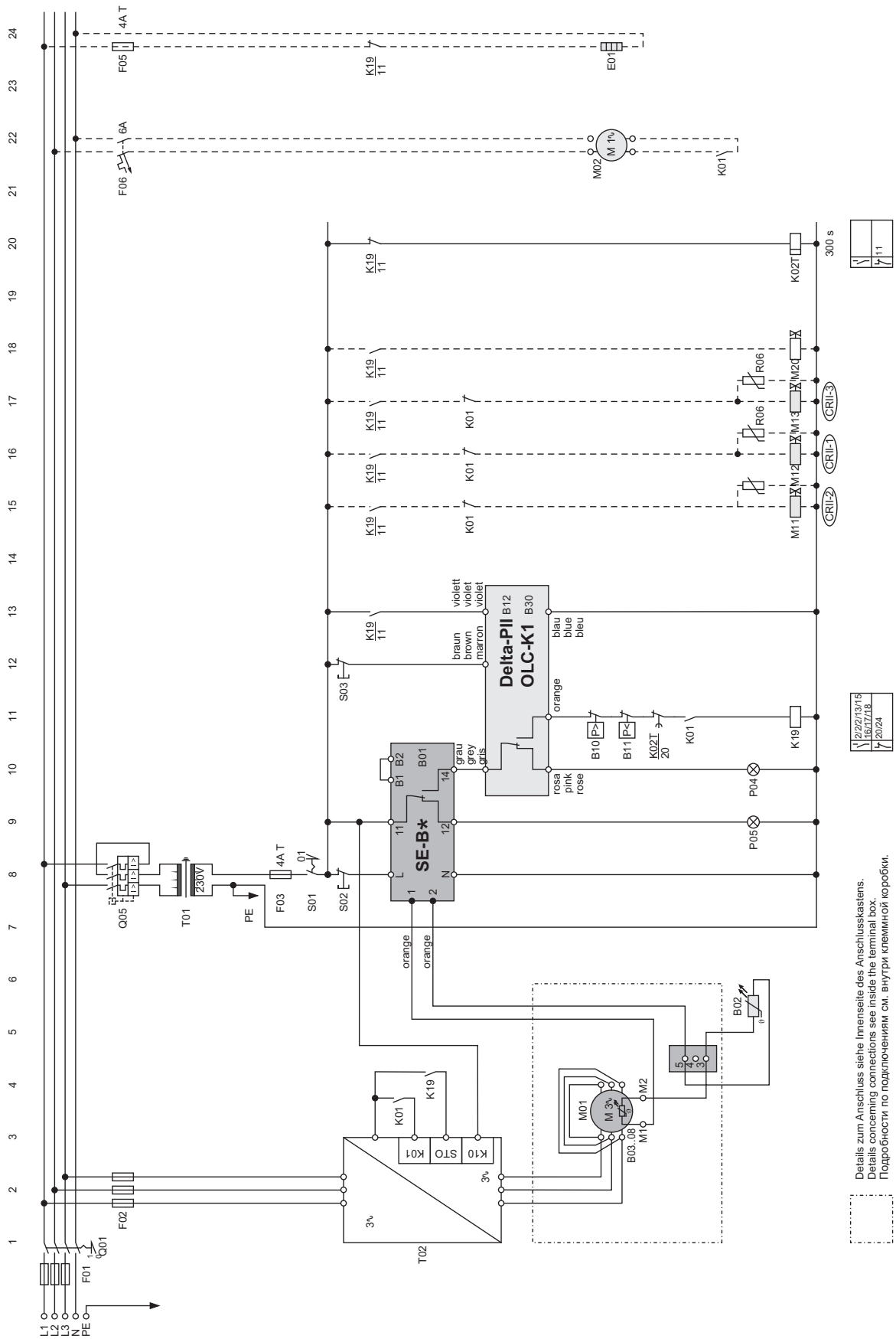
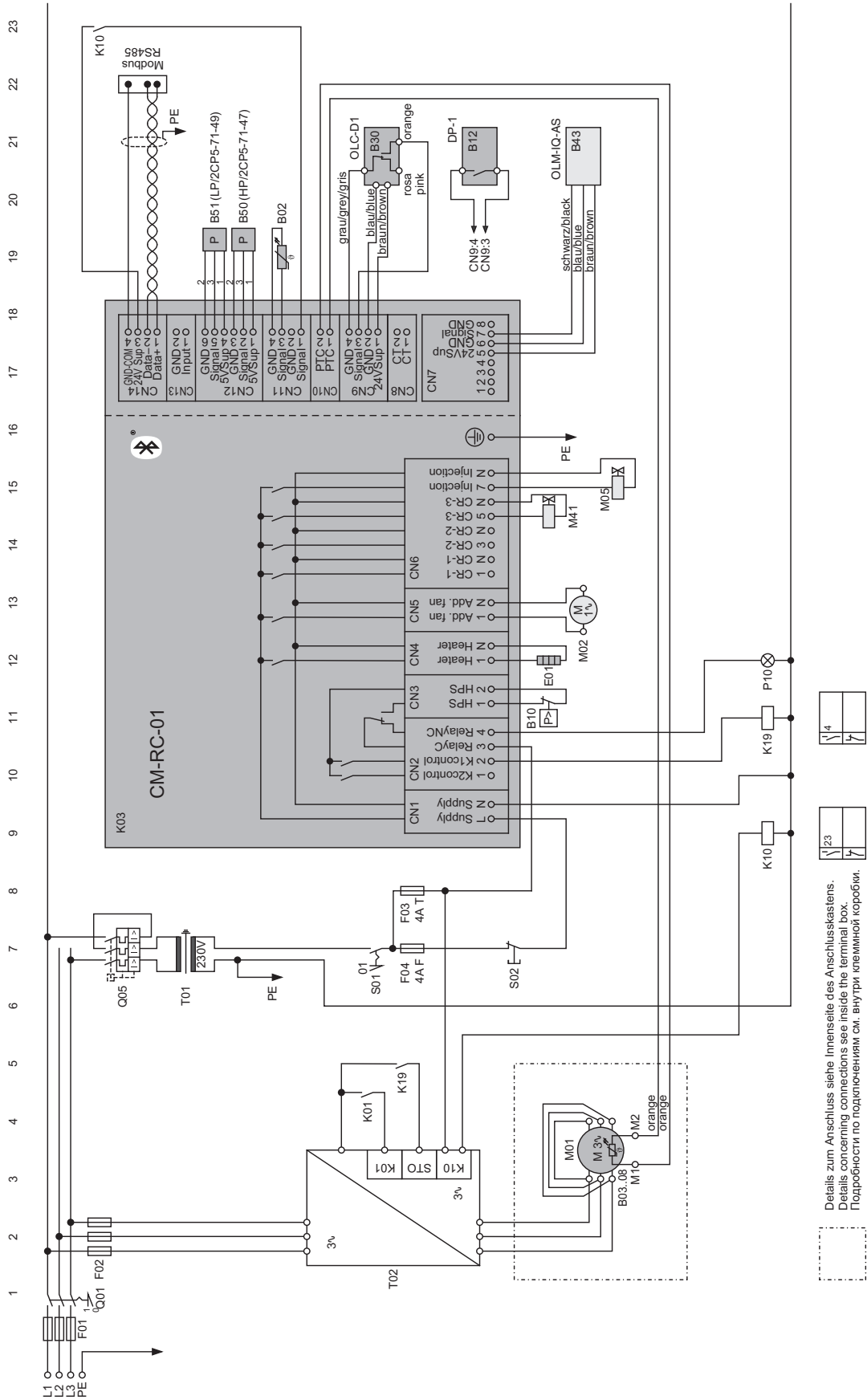


Рис. 14: Поршневой компрессор с преобразователем частоты (со встроенной STO функцией) и устройством защиты SE-B*.



Details zum Anschluss siehe Innenseite des Anschlusskastens.
 Details concerning connections see inside the terminal box.
 Подробности по подключению см. внутри клеммной коробки.

Рис. 15: Работа с FI (FI со встроенной STO функцией): полностью оснащенный компрессор для стандартных хладагентов

Сокращение	Компонент
B01	Устройство защиты компрессора
B02	Датчик температуры нагнетаемого газа/масла
B03 .. 08	Датчики температуры в обмотках мотора
B10	Реле высокого давления
B11	Реле низкого давления
B12	Реле давления масла
B30	Датчик уровня масла
E01	Подогреватель масла
F01	Главный предохранитель
F02	Предохранитель компрессора
F03	Предохранитель цепи управления
F05	Предохранитель подогревателя масла
F06	Предохранитель вентилятора
K01	Вышестоящий контроллер
K02T	Реле времени для минимального периода отключения компрессора
K10	Вспомогательное реле для сообщения о состоянии компрессора
K19	Вспомогательное реле: цепь защит задействована
M01	Мотор компрессора
M02	Дополнительный вентилятор
M11	SV для регулятора производительности 1, CR1, CR+, CR11-2 или разгрузки при пуске
M12	SV для регулятора производительности 2, CR2, CR- или CR11-1
M13	SV для регулятора производительности 3, CR3 или CR11-3
M20	SV для линии жидкости
P04	Лампа: сбой подачи масла
P05	Лампа: неисправность компрессора
Q01	Главный выключатель
Q05	Предохранитель трансформатора управления
R06	Горящий диод (при необходимости, например, от Murr Elektronik)
S01	Выключатель управления (вкл-выкл)
S02	Сброс цепи защит компрессора
S03	Сброс FI
T01	Трансформатор управления (пример для 230 V, требуется согласно EN60204-1)
T02	Преобразователь частоты (FI)

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 0.2 .. 0.5 бар 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

Поршневые компрессоры с мотором 40P

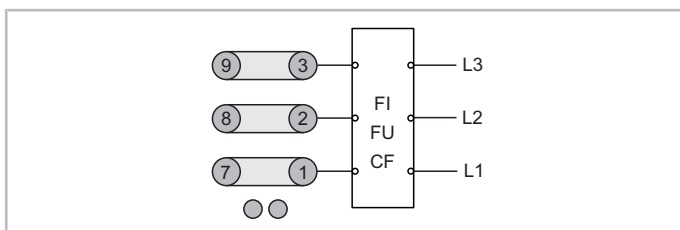


Рис. 16: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для поршневых компрессоров с мотором 40P

Поршневые компрессоры с мотором 40S

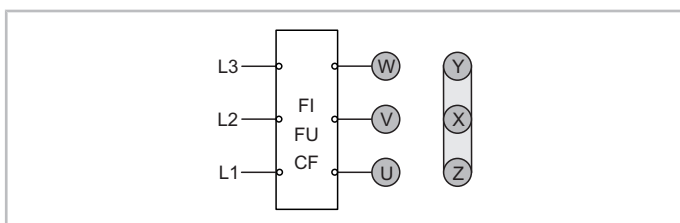


Рис. 17: Клеммы мотора на клеммной колодке для работы с внешним преобразователем частоты (FI) для поршневых компрессоров с мотором 40S и подключением звездой

Открытые поршневые компрессоры BITZER 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.

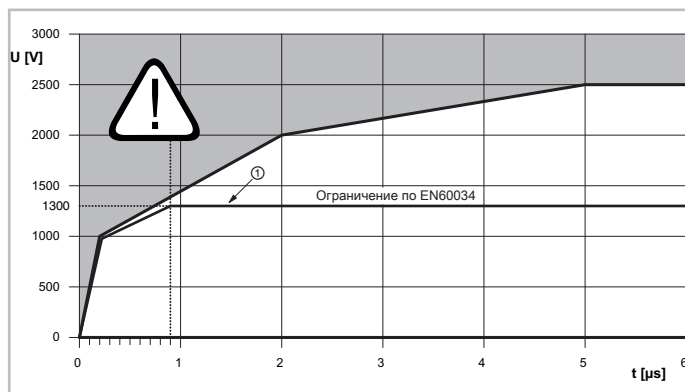


Рис. 18: Пределы повышения напряжения на клеммах мотора. Белая область: допустимый диапазон.

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.

6.7 Мотор с постоянными магнитами с прямым пуском (LSPM мотор)

Компрессоры, оснащенные мотором с постоянными магнитами с прямым пуском (LSPM мотор), можно идентифицировать по буквам «U» и «L», добавленным к обозначению модели (например, 6СТЕU-50LK). Встроенные постоянные магниты создают незначительное магнитное поле, которое, при этом, экранируется корпусом компрессора.



Рис. 19: Предупреждающие и запрещающие знаки на компрессоре с мотором с постоянными магнитами

Знаки безопасности, прикрепленные к компрессору



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Сильное магнитное поле!

Держите магнитные и намагничивающиеся предметы вдали от компрессора!

Лица с кардиостимуляторами, имплантированными сердечными дефибрилляторами или металлическими имплантатами: соблюдайте дистанцию не менее 30 см!

Работа с компрессором с LSPM мотором

Любые работы с компрессором могут выполнять только лица, не входящие в указанную группу. Работы по техническому обслуживанию, выходящие за рамки работ, описанных в настоящем документе и в Инструкции по эксплуатации KB-104, могут выполняться только после консультации с BITZER.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Индукция, электрическое напряжение!

Никогда не эксплуатируйте мотор с открытой клеммной коробкой!

Когда ротор вращается, на клеммах индуцируется электрическое напряжение даже при выключенном моторе.

Разрешенные работы с компрессором с LSPM мотором

Работы по электроснабжению и резьбовым соединениям в клеммной коробке, замене масла, а также проверке и замене предохранительных клапанов, блоков цилиндров и смотровых стекол. Для этих работ не нужны специальные инструменты. Перед открытием компрессора тщательно очистите рабочее пространство. Обратите особое внимание на незакрепленные частицы металла! Не открывайте крышку мотора!

7 Ввод в эксплуатацию

7.1 Конфигурация преобразователя частоты

Для работ с преобразователем 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!
Рекомендуемое значение: 2 .. 6 kHz

- Настройте минимальную и максимальную частоту (или скорость)
- Настройте номинальные данные мотора (см. фирменную табличку)
 - ток
 - напряжение
 - частота
 - количество полюсов мотора
 - (скорость мотора)
 - (мощность)
 - (cos φ)
- логика управления: U/f (пропорциональная)
- частота преобразования в преобразователе частоты: используйте ок. 3 kHz в стандартной комплектации
 - Низкие частоты преобразования снижают нагрузку на изоляцию обмоток мотора, в результате чего повышается эффективность.
 - Более высокие частоты преобразования могут привести к уменьшению шума от мотора, незначительному снижению потерь в моторе и его нагреву. С другой стороны, они приводят к более высоким потерям и, следовательно, к более высокой температуре в преобразователе частоты (возможно, с учетом ухудшения характеристик, т. е. выходная нагрузка уменьшается с повышением температуры окружающей среды).
- Активируйте функцию «Автонастройка» в преобразователе частоты, если она доступна.

- Определите возрастающий рамп (последовательность пуска) и нисходящий рамп (последовательность останова), см. ниже.
- Определите 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

Изменение скорости при запуске и остановке компрессора не должно быть ни слишком быстрым, ни слишком медленным.

- При пуске минимальная частота компрессора должна достигаться за 1 .. 2 сек. Это обеспечивает плавный пуск и в то же время достаточную подачу масла в компрессор. Минимальная частота для каждой модели компрессора указана выше ([см. главу Область применения, стр. 61](#)).
- При остановке компрессор должен замедляться равномерно и переходить от минимальной частоты к остановке за 1 .. 2 сек.

В VARIPACK подходящие последовательности предопределены.

Во время работы частота изменяется намного медленнее, чем при пуске и останове ([см. стр. 81](#)).

7.3 Частота циклов и минимальное время работы

Максимальная частота циклов (минимальное время паузы, максимальное количество запусков в час) компрессоров, указанная в соответствующих инструкциях по эксплуатации, также относится к работе с преобразователем частоты. При низких оборотах мотора минимальное время работы может быть дольше – обратите особое внимание на возврат масла.

Для работы с компрессором после его ввода в эксплуатацию:



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Компрессор находится под давлением!
Возможны серьезные травмы.



Сбросьте давление в компрессоре!
Наденьте защитные очки!



ОСТОРОЖНО

Температура поверхности более 60°C или ниже 0°C.
Опасность ожогов или обморожения.



Закройте доступные области и отметьте их.

Перед выполнением любых работ с компрессором: выключите его и дайте ему остыть или прогреться.