

Низковольтные электродвигатели для взрывоопасных зон Сертифицированные по ГОСТ двигатели



Руководство по установке, эксплуатации, техобслуживанию и технике безопасности на русском языке
для сертифицированных по ГОСТ двигателей.....

RU 3

Power and productivity
for a better world™



Низковольтные электродвигатели для взрывоопасных зон

Руководство по установке, эксплуатации, техобслуживанию и технике безопасности на русском языке для сертифицированных по ГОСТ двигателей

| Содержание | Стр. |
|--|-----------|
| 1. Общие сведения | 5 |
| 1.1 Сертификат соответствия | 5 |
| 1.2 Область применения..... | 5 |
| 1.3 Унификация..... | 5 |
| 1.4 Соответствие стандартам ГОСТ Р | 6 |
| 1.5 Предварительные проверки..... | 6 |
| 2. Правила обращения | 6 |
| 2.1 Приемочный контроль..... | 6 |
| 2.2 Транспортировка и хранение..... | 6 |
| 2.3 Подъем..... | 7 |
| 2.4 Вес электродвигателя | 7 |
| 3. Установка и ввод в эксплуатацию..... | 8 |
| 3.1 Общие сведения..... | 8 |
| 3.2 Проверка сопротивления изоляции | 8 |
| 3.3 Фундамент..... | 8 |
| 3.4 Балансировка и посадка полумуфт и ременных шкивов..... | 9 |
| 3.5 Монтаж и выравнивание электродвигателя | 9 |
| 3.6 Салазки и ременная передача | 9 |
| 3.7 Двигатели со сливными пробками для конденсата..... | 9 |
| 3.8 Кабели и электрические соединения..... | 10 |
| 3.8.1 Взрывонепроницаемые двигатели..... | 10 |
| 3.8.2 Пылевзрывозащищенные двигатели (Ex tD) | 11 |
| 3.8.3 Подключения для различных способов пуска..... | 11 |
| 3.8.4 Подключение вспомогательного оборудования..... | 11 |
| 3.9 Соединения и направление вращения..... | 11 |
| 3.10. Дополнительная проверка двигателей при температуре окружающей среды ниже -20°C | 12 |
| 3.11 Защита от перегрузки и заклинивания..... | 12 |
| 4. Эксплуатация | 13 |
| 4.1 Использование | 13 |
| 4.2 Охлаждение | 13 |
| 4.3 Повторный запуск после останова..... | 13 |
| 4.4 Правила техники безопасности | 13 |
| 5. Двигатели для опасных зон при эксплуатации с преобразователями частоты..... | 14 |
| 5.1 Общие сведения..... | 14 |
| 5.2 Основные требования в соответствии со стандартами EN и МЭК..... | 14 |
| 5.3 Изоляция обмоток..... | 15 |
| 5.3.1 Междофазные напряжения..... | 15 |
| 5.3.2 Фазные напряжения..... | 15 |
| 5.3.3 Выбор изоляции обмоток для конвертеров ACS800..... | 15 |
| 5.3.4 Выбор изоляции обмоток для всех прочих преобразователей..... | 15 |
| 5.4 Термозащита обмоток..... | 15 |
| 5.5 Подшипниковые токи | 15 |
| 5.5.1 Подавление подшипниковых токов для конвертеров ABB ACS800 | 16 |
| 5.5.2 Подавление подшипниковых токов для всех прочих конвертеров..... | 16 |
| 5.6 Прокладка кабелей, заземление и электромагнитная совместимость..... | 16 |
| 5.7 Рабочая частота вращения..... | 16 |
| 5.8 Расчет параметров двигателя для применения с преобразователем частоты..... | 16 |
| 5.8.1 Общие сведения..... | 16 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.8.2 | Расчет параметров для конвертеров ABB ACS800 с DTC-управлением..... | 17 |
| 5.8.3 | Расчет параметров для других ШИМ-преобразователей напряжения питания..... | 17 |
| 5.8.4 | Кратковременные перегрузки..... | 17 |
| 5.9 | Заводские таблички..... | 17 |
| 5.10 | Ввод в эксплуатацию прикладной системы с преобразователем частоты..... | 17 |
| 6. | Техническое обслуживание..... | 18 |
| 6.1 | Общие проверки..... | 18 |
| 6.2 | Смазывание..... | 18 |
| 6.2.1 | Двигатели, оснащенные подшипниками с перманентной смазкой..... | 19 |
| 6.2.2 | Двигатели с подшипниками с пополняемой смазкой..... | 19 |
| 6.2.3 | Интервалы смазывания и количество смазки..... | 20 |
| 6.2.4 | Смазочные материалы..... | 20 |
| 7. | Послепродажное обслуживание..... | 21 |
| 7.1 | Запасные части..... | 21 |
| 7.2 | Разборка, сборка и перематывание обмоток..... | 21 |
| 7.3 | Подшипники..... | 21 |
| 8. | Требования по охране окружающей среды..... | 22 |
| 8.1 | Уровень шума..... | 22 |
| 9. | Устранение неполадок..... | 23 |

1. Общие сведения

Примечание.

Для обеспечения безопасного и правильного монтажа, эксплуатации и технического обслуживания должны быть соблюдены настоящие инструкции. Лица, занимающиеся монтажом, эксплуатацией и техническим обслуживанием электродвигателей или сопутствующего оборудования, должны быть ознакомлены с настоящими инструкциями. Несоблюдение этих инструкций может привести к аннулированию гарантии.

ВНИМАНИЕ

Двигатели, предназначенные для эксплуатации в опасных зонах, специально разработаны в соответствии с официальными предписаниями по взрывозащите. В случае неправильной эксплуатации, некачественного подключения или внесения даже малейшего изменения в конструкцию, двигатели могут терять свою надежность.

Необходимо учитывать требования стандартов, относящихся к подключению и эксплуатации электрооборудования в опасных зонах, особенно национальные стандарты, действующие в той стране, где эксплуатируются двигатели. Только прошедший соответствующую подготовку и хорошо знающий данные стандарты персонал имеет право работать с таким оборудованием.

1.1 Сертификат соответствия

Все двигатели ABB со знаком ГОСТ удовлетворяют требованиям ГОСТ, перечисленным в п. 1.4.

1.2 Область применения

Настоящие инструкции действительны для следующих электродвигателей ABB, эксплуатируемых во взрывоопасной среде.

С защитой типа «n» в исполнении Ex nA
серии M2A*/M3A*, габариты 90 – 280.
серии M2B*/M3G*, габариты 71 – 450.

Исполнение с взрывобезопасной оболочкой Ex d, Ex de
серии M3J*, M3K*, габариты 80 – 400.

Защита от воспламенения пыли (Ex tD)
серии M2V*, M2A*/M3A*, габариты 71 – 280.
серии M2B*/M3B*/M3G*, габариты 71 – 450.
серии M2GP, габариты 71 – 250.

(Компания ABB может запросить дополнительную информацию для принятия решения о применимости некоторых электрических машин, используемых в системах специального назначения или со специальными модификациями конструкции.)

Эти инструкции действительны для двигателей, установленных и хранящихся при температуре окружающей среды выше -20°C и ниже $+60^{\circ}\text{C}$. Обратите внимание: рассматриваемые двигатели подходят для всего данного диапазона. Если температура окружающей среды выходит за эти пределы, обратитесь в компанию ABB.

1.3 Унификация

Наряду с выполнением требований стандартов, относящихся к механическим и электрическим характеристикам, двигатели, предназначенные для взрывоопасных зон, должны также соответствовать одному или нескольким из следующих европейских или МЭК-стандартов для рассматриваемого типа защиты.

| | |
|--|--|
| EN 60079-0 (2004); МЭК 60079-0 (2004) | Общие требования к электрооборудованию для взрывоопасных сред |
| EN 60079-1 (2004); МЭК 60079-1 (2003) | Стандарт на оборудование с взрывозащитой вида «взрывонепроницаемая оболочка» |
| EN 60079-7 (2007), МЭК 60079-7 (2005) | Стандарт на оборудование с защитой вида «e» |
| EN 60079-15 (2005), МЭК 60079-15 (2005) | Стандарт на оборудование с защитой вида «n» |
| EN 61241-0 (2006); МЭК 61241-0 (2007) | Общие требования к электрооборудованию, применяемому в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли |
| EN 61241-1 (2004); МЭК 61241-1 (2004) | Стандарт на оборудование с защитой от воспламенения пыли и пыленепроницаемое оборудование (защита вида «tD») |

Примечание. Эти стандарты, на соответствие которым двигатели сертифицированы, перечислены в соответствующем сертификате.

Низковольтные двигатели ABB (действительно только для группы II) можно устанавливать в зонах, соответствующих следующим маркировкам.

| Зона | Категория маркировки |
|------|-----------------------------------|
| 1 | Категория 2 или Ex d, Ex de, Ex e |
| 2 | Категория 3 или Ex nA |
| 21 | Категория 2 или Ex tD A 21 |
| 22 | Категория 3 или Ex tD A22 |

Окружающая среда:

G – источник взрывоопасной среды — газы

D – источник взрывоопасной среды — горючая пыль

1.4. Соответствие стандартам

ГОСТ Р

ГОСТ 12.2.007.0-75 (2001)

ГОСТ Р 52350.0-2005

ГОСТ Р 52350.1-2005

ГОСТ Р 52350.7-2005

ГОСТ Р 52350.15-2005

ГОСТ Р МЭК 61241-0-2007

ГОСТ Р МЭК 61241-1-2004

1.5 Предварительные проверки

После рассмотрения общих технических данных рекомендуется проверить также данные, касающиеся взрывозащиты, например:

а) группа газов

| Отрасль | Группа газа | Тип газа (примеры) |
|----------------------|-------------|--------------------|
| Взрывоопасная среда, | IIA | Пропан |
| кроме шахт | IIB | Этилен |
| | IIC | Водород/ацетилен |

б) маркировка температуры

| Класс температуры | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T125°C | T150°C |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------|--------|
| Макс. температура °C | 450 | 300 | 200 | 135 | 100 | 85 | 125 | 150 |
| Макс. нагрев поверхности, К при 40°C | 400 | 250 | 155 | 90 | 55 | 40 | 80 | 105 |

Под максимальным нагревом поверхности подразумевается температура внутри электродвигателя (ротора) для температурных классов T1, T2 и T3 и температура наружной поверхности электродвигателя (корпус и (или) подшипниковые щиты) для прочих температурных классов.

Обратите внимание: двигатели сертифицированы и классифицированы по своей группе. Группа определяется по окружающей загазованной или запыленной среде и по маркировочной температуре, рассчитанной как функция температуры окружающей среды 40°C.

Если двигатель будет размещен в среде с температурой выше 40°C или на высоте более 1000 м над уровнем моря, свяжитесь с фирмой АВВ для получения возможно имеющихся новых номинальных данных и протоколов испытаний на требуемую температуру.

Температура окружающей среды не должна быть ниже -20°C.

В случае вероятности воздействия более низкой температуры, обратитесь в компанию АВВ.

2. Правила обращения

2.1 Приемочный контроль

Получив двигатель, немедленно проверьте, не повредился ли он во время транспортировки (например, концы вала, фланцы и окрашенные поверхности), и в случае повреждения немедленно свяжитесь с экспедитором.

Проверьте правильность данных в заводской табличке, прежде всего напряжение, соединение обмоток (звезда или треугольник), класс, тип защиты и температурную маркировку. На всех двигателях, за исключением самых малых габаритов, в заводской табличке указан также тип подшипников.

В случае применения в приводах с преобразователем частоты, проверьте максимальную нагрузочную способность, допустимую в соответствии с частотой, указанную на второй заводской табличке.

2.2 Транспортировка и хранение

Двигатели в незащищенном состоянии следует хранить внутри сухих помещений (температура выше -20°C), свободных от вибрации и пыли. При транспортировке следует избегать воздействия ударов, падений и влажности. По вопросам допустимости других условий обращайтесь в компанию АВВ.

Незащищенные места (торцы вала и фланцы) двигателя должны быть обработаны антикоррозионным средством.

Для предотвращения изменения состава смазки рекомендуется время от времени проворачивать вал рукой.

Для предотвращения конденсации влаги в электродвигателе рекомендуется использовать антиконденсатные нагреватели, если двигатель ими оснащен.

В остановленном состоянии электродвигатель не должен подвергаться воздействию каких-либо внешних вибраций, превышающих величину 0,5 мм/с, во избежание повреждения подшипников.

Двигатели, оснащенные цилиндрическими роликовыми и (или) радиально-упорными подшипниками, должны быть заблокированы на время транспортировки.

Для хранения двигателей при температуре ниже -20°C (для двигателей, у которых температурный предел составляет -55°C), рекомендуется упаковать их в деревянную коробку или подобный контейнер, обернутыми в изоляционную фольгу, с осушителем, индикатором влажности и заваренными металлической фольгой.

Если существует вероятность засорения и формирования плесневого грибка на двигателе, то упаковку в месте хранения необходимо защитить опрыскиванием или смазыванием соответствующими химическими веществами.

Упаковка двигателей должна производиться с осторожностью и только персоналом с соответствующим опытом. Для этого рекомендуется выполнять упаковку в компании, которая сможет взять на себя ответственность за качество выполнения работ.

2.3 Подъем

Все электродвигатели компании АВВ, вес которых превышает 25 кг, оснащаются подъемными проушинами или рым-болтами.

Для подъема электродвигателя допускается использовать только штатные подъемные проушины или рым-болты. Их нельзя использовать для подъема двигателя с подключенным к нему другим оборудованием.

Подъемные проушины вспомогательного оборудования (например, тормозов, отдельных вентиляторов охлаждения) или коробок выводов запрещается использовать для подъема электродвигателя.

Центр тяжести двигателей с одним габаритом корпуса может варьироваться из-за разных мощностей, монтажных исполнений и комплектующих изделий.

За поврежденные рым-болты поднимать нельзя. Прежде чем приступать к подъему, убедитесь в отсутствии поврежденных рым-болтов или штатных подъемных проушин.

Рым-болты, закрепленные на резьбе, необходимо затянуть перед подъемом двигателя. При необходимости положение рым-болта можно отрегулировать, используя подходящие шайбы в качестве проставок.

Убедитесь, что используется надлежащее подъемное оборудование и размер крюков соответствует подъемным проушинам.

Поднимайте двигатель осторожно, чтобы не повредить устройства и кабели, подключенные к двигателю.

2.4 Вес электродвигателя

Общий вес двигателя с одним и тем же габаритом корпуса зависит от номинальной мощности, монтажного исполнения и вспомогательного оборудования.

В таблице ниже указан расчетный максимальный вес стандартных двигателей с разными материалами корпусов.

Точный вес двигателей АВВ, указан в заводской табличке.

| Габарит Размер | Алюминий Вес, кг | Чугун Вес, кг | Взрывозащита Вес, кг |
|-------------------|---------------------|------------------|-------------------------|
| 71 | 8 | 13 | - |
| 80 | 12 | 20 | 38 |
| 90 | 17 | 30 | 53 |
| 100 | 25 | 40 | 69 |
| 112 | 36 | 50 | 72 |
| 132 | 63 | 90 | 108 |
| 160 | 110 | 175 | 180 |
| 180 | 160 | 250 | 220 |
| 200 | 220 | 310 | 350 |
| 225 | 295 | 400 | 450 |
| 250 | 370 | 550 | 550 |
| 280 | 405 | 800 | 800 |
| 315 | - | 1300 | 1300 |
| 355 | - | 2500 | 2500 |
| 400 | - | 3500 | 3500 |
| 450 | - | 4600 | - |

Если двигатель оснащен тормозом и (или) или отдельным вентилятором, запросите данные по весу в компании АВВ.

3. Установка и ввод в эксплуатацию

ВНИМАНИЕ

Отключите и заблокируйте включение электропитания, прежде чем приступать к выполнению работ на двигателе или приводимом оборудовании. Убедитесь в отсутствии взрывоопасной среды во время выполнения работ.

3.1 Общие сведения

Все указанные в заводской табличке данные, относящиеся к сертификации, необходимо тщательно проверить, чтобы убедиться в том, что защита двигателя соответствует с окружающей среде и зоне.

Необходимо соблюдать требования стандартов 1127-1 (Explosion prevention and protection), IEC 60079-14 (Electrical installations in hazardous areas (gas)) и IEC 61241-14 (Electrical installations in hazardous areas (combustible dust; selection and installation)). Особое внимание следует обратить на то, как температура воспламенения и толщина слоя пыли соотносятся с температурной маркировкой двигателя.

Снимите возможную блокировку, используемую во время перевозки. Поворачивая вал рукой, проверьте, что он вращается свободно, если это возможно.

Двигатели с роликовыми подшипниками

Эксплуатация двигателя без радиальной нагрузки на вал может повредить роликоподшипники.

Двигатели с радиально-упорными подшипниками

Эксплуатация двигателя без осевой силы нужного направления относительно вала может повредить радиально-упорный подшипник.

ВНИМАНИЕ

Для двигателей с радиально-упорными подшипниками в исполнении Ex d и Ex de осевая сила ни при каких условиях не должна менять направление, поскольку при этом меняется величина зазоров взрывозащиты и даже возможен контакт!

Тип подшипника указан в заводской табличке.

Двигатели со смазочными ниппелями

При первом пуске электродвигателя или после его длительного хранения используйте указанное количество смазки.

Более подробная инструкция приводится в разделе «6.2.2 Двигатели со смазочными ниппелями».

Двигатель, устанавливаемый в вертикальное положение валом вниз, должен иметь кожух для предотвращения падения посторонних предметов и попадания жидкостей в вентиляционные отверстия. Такую защиту можно обеспечить также с помощью отдельного кожуха, не закрепленного на двигателе. В этом случае на двигателе должна быть этикетка с предупреждением.

3.2 Проверка сопротивления изоляции

Проверьте сопротивление изоляции перед вводом в эксплуатацию и в случае подозрения, что обмотка влажная.

ВНИМАНИЕ

Отключите и заблокируйте включение электропитания, прежде чем приступать к выполнению работ на двигателе или приводимом оборудовании.

Убедитесь в отсутствии взрывоопасной среды при проверке сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции, приведенное к 25°C, должно превышать справочное значение, т.е. 100 MΩ (измеряется при напряжении 500 или 1000 В постоянного тока). Значение сопротивления изоляции следует уменьшить вдвое на каждые 20°C повышения температуры окружающей среды.

ВНИМАНИЕ

Во избежание поражения электрическим током, корпус электродвигателя должен быть заземлен, а обмотки следует разряжать на корпус сразу после каждого измерения.

Если сопротивление не достигает справочного значения, значит, обмотки слишком влажные и подлежат сушке в печи. Температура в печи: 90°C в течение 12–16 часов, затем 105°C в течение 6–8 часов.

На время сушки необходимо снять сливные пробки или открыть краны, если они установлены. После сушки пробки должны быть установлены на место. Даже если сливные пробки установлены, для просушивания рекомендуется снять торцевые щиты и крышки коробки выводов.

Обмотки, промокшие в морской воде, как правило, необходимо перемотать.

3.3 Фундамент

Пользователь несет полную ответственность за подготовку фундамента.

Металлические фундаменты должны быть окрашены антикоррозионной краской.

Фундамент должен быть ровным и достаточно стойким к возможным усилиям в режиме короткого замыкания двигателя. Его конструкция и размеры должны исключать передачу вибрации на двигатель и возникновение резонансной вибрации.

3.4 Балансировка и посадка полумуфт и ременных шкивов

Валы электродвигателя, как правило, балансируются с полушпонкой. На валу имеется КРАСНАЯ наклейка с текстом «сбалансирован с полушпонкой» (Balanced with half key).

При балансировке с полной шпонкой вал отмечен ЖЕЛТОЙ наклейкой с текстом «сбалансирован с полной шпонкой» (Balanced with full key).

При балансировке без шпонки вал отмечен СИНЕЙ наклейкой с текстом «сбалансирован без шпонки» (Balanced without key).

Полумуфты или ременные шкивы должны балансироваться после обработки шпоночной канавки. Балансировка должна выполняться по методу, соответствующему данному электродвигателю.

Для посадки полумуфт и ременных шкивов на вал во избежание повреждения подшипников и уплотнений используется специальный инструмент.

Не допускается проводить посадку или демонтаж полумуфты и ременного шкива посредством ударов, а также демонтировать их, опирая рычаг на корпус двигателя.

3.5 Монтаж и выравнивание электродвигателя

Вокруг электродвигателя должно быть достаточно места для свободного прохождения потока воздуха. Сведения о минимальных требованиях к свободному пространству позади кожуха вентилятора охлаждения можно найти в документации на изделие или на габаритных чертежах, имеющихся в интернете: www.abb.com/motors&drives.

Обеспечение правильного выравнивания важно для предотвращения выхода из строя подшипников, вибрации, повреждения вала и муфты.

Монтаж двигателя на фундаменте осуществляется с помощью соответствующих болтов или шпилек с применением прокладок между фундаментом и лапами двигателя.

Для выравнивания двигателя используйте подходящие методы.

Если требуется, просверлите установочные отверстия и зафиксируйте установочные штифты.

Точность посадки полумуфты: проверьте, что отклонение **b** составляет меньше 0,05 мм, и что разность **a1 - a2** тоже меньше 0,05 мм. См. рис. 3.

Проверьте выравнивание еще раз после окончательной затяжки болтов или шпилек.

Не превышайте допустимые нагрузки на подшипники, указанные в документации на изделие.

3.6 Салазки и ременная передача

Прикрепите двигатель к салазкам согласно рисунку 2.

Установите салазки горизонтально в одной плоскости. Проверьте, что вал двигателя находится в одном направлении с приводным валом.

Ремни должны быть натянуты в соответствии с инструкциями поставщика приводимого оборудования. При этом запрещено превышать максимальные усилия (радиальные нагрузки подшипника), указанные в документации на изделие.

ВНИМАНИЕ

Перетянутый ремень повреждает подшипники и может привести к разлому вала. Для двигателей в исполнении Ex d и Ex de чрезмерное натяжение ремня может быть опасным и по причине возможного взаимного контакта с деталями пламягасящего пути.

3.7 Двигатели со сливными пробками для конденсата

Проверьте, чтобы сливные отверстия и пробки были направлены вниз.

Двигатели с защитой типа «n» и с защитой типа «e»

Двигатели с закрывающимися пластмассовыми пробками сливных отверстий поставляются с закрытыми пробками у алюминиевых двигателей и с открытыми у чугунных двигателей. В чистой среде откройте сливные пробки перед началом эксплуатации двигателя. В условиях высокой запыленности следует закрыть все сливные отверстия.

Взрывонепроницаемые двигатели

Сливные пробки, если они установлены, расположены в нижней части торцевых щитов, чтобы конденсат мог вытекать из двигателя. Поверните накатную головку пробки, чтобы проверить свободу ее перемещения.

Пылевзрывозащищенное исполнение

Сливные отверстия всех двигателей в пылевзрывозащищенном исполнении должны быть закрыты.

3.8 Кабели и электрические соединения

В коробке выводов стандартного односкоростного двигателя, как правило, предусмотрены шесть главных зажимов и не менее одного зажима заземления.

Кроме силовых клемм и зажимов заземления, в коробке выводов могут быть предусмотрены соединения для термисторов, нагревательных элементов или других вспомогательных устройств.

Для подключения всех силовых кабелей необходимо использовать соответствующие кабельные наконечники. Кабели для вспомогательных устройств можно подключать к их клеммным коробкам без дополнительной подготовки.

Двигатели предназначены только для стационарного монтажа. Если не указано иное, резьбы кабельных вводов — метрические. Класс защиты и IP-класс кабельного уплотнения должен быть не ниже соответствующего класса коробки выводов.

Убедитесь в том, что используются только сертифицированные кабельные уплотнения для двигателей в исполнении с защитой типа «е» и во взрывонепроницаемом исполнении. Для двигателей с защитой вида «п» кабельные уплотнения должны соответствовать стандарту IEC 60079-0.

Примечание.

Кабели должны быть механически защищены и закреплены вблизи коробки выводов согласно соответствующим требованиям стандарта IEC 60079-0 и местных стандартов.

Неиспользуемые кабельные вводы должны быть закрыты заглушками в соответствии с классом защиты и IP-классом коробки выводов.

Степень защиты и диаметр указаны в документации кабельного уплотнения.

ВНИМАНИЕ

Используйте в кабельных вводах подходящие кабельные уплотнения, соответствующие типу защиты и типу и диаметру кабеля.

Заземление следует выполнить согласно местным правилам до подключения двигателя к сети.

Зажим заземления корпуса должен быть подключен к шине заземления (PE = protective earth) кабелем в соответствии с табл. 5 стандарта EN 60079-0.

Минимальная площадь сечения защитных проводов

| Площадь поперечного сечения фазовых проводов установки, S , мм ² | Минимальная площадь сечения соответствующего защитного провода, S_p , мм ² |
|---|---|
| $S \leq 16$ | S |
| $16 < S \leq 35$ | 16 |
| $S > 35$ | $0,5 S$ |

Кроме того, внешние устройства заземляющего или защитного соединения электроустановки должны обеспечивать эффективное подключение к проводу с сечением не менее 4 кв. мм.

Кабельные соединения между сетью и клеммами двигателя должны отвечать требованиям национальных стандартов по монтажу или стандарта EN 60204-1 в соответствии с номинальным током, указанным на заводской табличке.

Убедитесь в том, что защита двигателя соответствует окружающей среде и климатическим условиям. Например, вода не должна попадать в двигатель или в коробки выводов.

Уплотнения коробок выводов (за исключением исполнения Ex d) должны быть правильно помещены в штатные канавки, чтобы обеспечить соответствие заявленному IP-классу. Неплотность может привести к попаданию воды или пыли в коробку выводов, что создает опасность искрового разряда.

3.8.1 Взрывонепроницаемые двигатели

Коробки выводов имеют два типа защиты:

- Ex d для двигателей МЗJP;
- Ex de для двигателей МЗКР.

Двигатели Ex d; МЗJP

Определенные кабельные уплотнения одобрены для обеспечения максимального свободного пространства внутри коробки выводов. Ниже приводятся справочные данные о свободном пространстве для рассматриваемых двигателей.

| Тип двигателя | Распределительная коробка |
|---------------|-------------------------------|
| МЗJP | объем свободного пространства |
| 80 - 132 | 1,45 - 1,7 дм ³ |
| 160 - 180 | 5,2 дм ³ |
| 200 - 250 | 10,5 дм ³ |
| 280 - 315 | 24 дм ³ |
| 355 - 400 | 79 дм ³ |

Перед закрытием крышки коробки выводов убедитесь в отсутствии пыли на ней. Очистите поверхность и смажьте ее незатвердевающей контактной смазкой.

ВНИМАНИЕ

Если двигатель находится во взрывоопасной среде, не открывайте его или коробку выводов, пока двигатель еще нагрет и в нем имеется электрический заряд.

Двигатели Ex de; МЗКР

На крышке коробки выводов имеется маркировка «е» или «Ex е».

Убедитесь в том, что подключение выводов выполнено в точном соответствии с порядком, описанным в инструкциях по подключению, которые имеются внутри коробки выводов.

Путь утечки и зазоры должны удовлетворять требованиям стандарта IEC 60079-71.

3.8.2 Пылевзрывозащищенные двигатели (Ex tD)

В стандартном варианте оснащения двигателей коробка выводов расположена сверху, а отверстия для ввода кабелей есть с обеих сторон коробки. Полное описание приводится в документации на изделие.

Обратите особое внимание на уплотнение коробки выводов и кабелей для предотвращения попадания горючей пыли в коробку. Важно проверить, чтобы внешние уплотнения были в хорошем состоянии и занимали правильное положение, поскольку они могут получить повреждения или сместиться в ходе манипуляций с ними.

Закрывая крышку коробки выводов, убедитесь в том, что на ее поверхностях не осела пыль и проверьте, в хорошем ли состоянии уплотнение. Если нет, оно подлежит замене уплотнением из материала, обладающего аналогичными свойствами.

ВНИМАНИЕ

Если двигатель находится во взрывоопасной среде, не открывайте его или коробку выводов, пока двигатель еще нагрет и в нем имеется электрический заряд.

3.8.3 Подключения для различных способов пуска

В коробке выводов стандартного односкоростного двигателя, как правило, предусмотрены шесть главных зажимов и не менее одного зажима заземления. Это позволяет использовать прямой пуск или пуск переключением со звезды на треугольник. См. рис. 1.

Для двухскоростных и специальных двигателей соединение питания должно быть выполнено согласно указаниям внутри коробки выводов или в руководстве по эксплуатации двигателя.

Напряжение и соединение указаны в заводской табличке.

Прямой пуск:

Использовать можно соединение Y или D.

Например, 690 VY, 400 VD указывает на соединение Y для 690 В и соединение D для 400 В.

Пуск с переключением со звезды на треугольник:

При пуске с переключением со звезды на треугольник напряжение сети должно соответствовать напряжению двигателя при соединении треугольником.

Снимите все перемычки с клеммной колодки.

Для двигателей в исполнении с защитой типа «е», как правило, допускается только оба метода пуска двигателей: и прямой пуск, и пуск переключением со звезды на треугольник. В случае пуска переключением со звезды на треугольник, допускается применение только одобренного Ex-оборудования.

Другие способы пуска и жесткие условия пуска

Если используются другие способы пуска, например, устройство плавного пуска, или в случае особенно тяжелых пусковых режимов, предварительно проконсультируйтесь в компании ABB.

3.8.4 Подключение вспомогательного оборудования

Если двигатель оснащен термисторами или иными термометрами сопротивления (Pt100, термореле и т.д.) и вспомогательными устройствами, рекомендуется подключать и использовать их должным образом. Для некоторых видов защиты использование термозащиты является обязательным требованием. Более подробные

сведения можно найти в документации, прилагаемой к двигателю. Схемы соединений для дополнительных устройств и соединительные детали находятся внутри коробки выводов.

Максимальное напряжение измерительной цепи для термисторов: 2,5 В. Максимальный ток измерительной цепи для элементов Pt100: 5 мА. Более высокое напряжение или ток может вызвать ошибки в показаниях.

3.9 Соединения и направление вращения

Двигатель вращается по часовой стрелке, если смотреть на торец вала с приводной стороны, а подключение последовательности фаз L1, L2, L3 к зажимам соответствует рис. 1.

Направление вращения изменяют, поменяв местами концы любых двух проводов питания.

Если двигатель оснащен вентилятором одностороннего вращения, проверьте, что направление вращения соответствует направлению стрелки, нанесенной на двигатель.

3.10. Дополнительная проверка двигателей при температуре окружающей среды ниже -20°C

При проверке двигателей, работающих при температуре ниже -20°C (для которых температурный предел составляет -55°C), необходимо уделить особое внимание следующему.

Вентилятор, содержимое корпуса вентилятора, решетка и отверстия для впуска воздуха не должны содержать каких-либо посторонних предметов или веществ. Вал должен вращаться беспрепятственно.

При наличии нагревательных элементов для предотвращения образования конденсата их необходимо подключать к остановленному двигателю и отключать до его запуска.

Типы уплотнений вала:

- лабиринтное уплотнение;
- осевое уплотнительное кольцо (гамма-кольцо).

Целесообразность использования определяется исходя из следующих критериев:

При использовании гамма-колец эластомер, из которого они изготовлены, не должен быть жестким, крошиться или растрескиваться. Если эти требования не выполняются, уплотнения необходимо заменить.

Распределительная коробка.

Следует помнить, что распределительные коробки должны иметь степень защиты не ниже IP55. Несоответствующая транспортировка или хранение может привести к снижению степени защиты.

При проверке сопротивления изоляции в соответствии с §§ 2.1.2 и 3.2 необходимо особое внимание уделять проверке следующих параметров распределительной коробки:

- внутренние поверхности должны быть сухими, чистыми и не содержать скоплений пыли;
- на соединительных и монтажных элементах должны отсутствовать следы коррозии;
- резиновые уплотнения не должны быть жесткими, крошащимися или растрескавшимися;
- поверхности металлических уплотнений должны быть чистыми и смазанными;
- отверстия для впуска воздуха должны быть хорошо уплотнены;
- уплотнения или части, к которым прилегают уплотнители (например, корпус распределительной коробки или панель муфт кабельного ввода), должны храниться в тепле ($\geq +10^{\circ}\text{C}$) до окончательной установки на двигатель.

Если эти требования не выполняются, необходимо предпринять меры по исправлению ситуации.

Кабельные отверстия или уплотнения. Если фиксация не обеспечивается кабельными муфтами, кабель следует закреплять как можно ближе к двигателю с целью снижения возможного механического воздействия резиновых уплотнителей на кабельные отверстия или уплотнения. Перед установкой отверстий или уплотнений их необходимо выдержать в тепле ($\geq +10^{\circ}\text{C}$) в течение нескольких часов, чтобы обеспечить эластичность резиновых элементов во избежание их повреждения при установке.

(См. соответствующие инструкции производителей кабельных уплотнений или отверстий.)

3.11 Защита от перегрузки и заклинивания

Все электродвигатели для опасных зон должны быть защищены от перегрузок, см. стандарты IEC 60079-14 и IEC 61241-14.

Для двигателей с защитой типа «е» (Ex e) максимальное время срабатывания защитных устройств не должно быть дольше, чем время t_d указанное на заводской табличке двигателя.

4. Эксплуатация

4.1 Использование

Двигатели предназначены для следующих условий эксплуатации, если на заводской табличке не указано иное.

- Рабочий диапазон температуры окружающей среды — от -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$.
- Максимальная высота над уровнем моря — 1000 м.
- Допустимое отклонение для напряжения питания — $\pm 5\%$, а для частоты — $\pm 2\%$ в соответствии со стандартом EN / IEC 60034-1 (2004), параграф 7.3, зона А.

Электродвигатель допускается применять только в соответствии с его назначением. Номинальные значения параметров и условия эксплуатации указаны на заводских табличках двигателя. Кроме того, необходимо соблюдать все требования, содержащиеся в данной инструкции и в других применимых инструкциях и стандартах.

Если эти пределы превышаются, необходимо проверить данные электродвигателя и конструкции. За дополнительной информацией обращайтесь в компанию ABB.

При использовании взрывонепроницаемых двигателей особое внимание следует обратить на агрессивность среды. Обязательно проверяйте защитную окраску на соответствие климатическим условиям, поскольку коррозия может повредить взрывобезопасную оболочку.

ВНИМАНИЕ

Несоблюдение каких-либо инструкций или невыполнение операций по обслуживанию аппаратуры может привести к снижению уровня безопасности и, как следствие, к невозможности использования двигателя в опасных зонах.

4.2 Охлаждение

Проверьте, обеспечивается ли достаточный приток воздуха к двигателю. Убедитесь, что близлежащие устройства или прямое солнечное излучение не нагревают двигатель.

Для двигателей, устанавливаемых на фланце, (например, B5, B35, V1), убедитесь в том, что конструкция обеспечивает достаточный доступ воздуха к внешней поверхности фланца.

4.3. Повторный запуск после останова

Перед тем как запустить двигатель после длительного останова, убедитесь, что он вращается свободно. Проверьте сопротивление изоляции (§ 3.2).

4.4 Правила техники безопасности

Монтировать и эксплуатировать двигатели разрешается лишь квалифицированному персоналу, который знает действующие требования по технике безопасности.

Защитные средства, необходимые для предотвращения несчастных случаев при монтаже и эксплуатации, должны быть обеспечены согласно местным правилам.

ВНИМАНИЕ

Устройства аварийной остановки должны быть оснащены блокировкой повторного пуска. После аварийной остановки новая команда пуска может иметь силу только после намеренного снятия блокировки повторного пуска.

Учтите следующее.

1. Наступать на электродвигатель запрещено.
2. Поверхность двигателя может стать горячей при нормальной эксплуатации и особенно после остановки.
3. При использовании двигателей в некоторых системах специального назначения может потребоваться соблюдение особых инструкций (например, при использовании преобразователей частоты).
4. Остерегайтесь вращающихся частей электродвигателя.
5. Не открывайте коробки выводов под напряжением.

5. Двигатели для опасных зон при эксплуатации с преобразователями частоты

5.1 Общие сведения

В этой части руководства содержатся дополнительные инструкции для двигателей, используемых в опасных зонах, с питанием от преобразователя частоты.

Компания ABB может запросить дополнительную информацию для принятия решения о применимости некоторых электрических машин, используемых в системах специального назначения или со специальными модификациями конструкции.

5.2 Основные требования в соответствии со стандартами EN и МЭК

Взрывонепроницаемые двигатели Ex d, Ex de

В соответствии со стандартами, конструкция двигателя должна быть такова, чтобы температура его внешней поверхности была ограничена в соответствии с температурным классом (T4, T5 и т.д.). В большинстве случаев для этого требуется либо провести типовые испытания, либо контролировать температуру внешней поверхности двигателя.

Большинство взрывонепроницаемых двигателей ABB для температурного класса T4 были испытаны с конвертерами ABB ACS800 с использованием непосредственного управления моментом (Direct Torque Control — DTC), и эти сочетания могут выбираться в соответствии с инструкциями по расчету параметров, приведенными в главе 5.8.2.

В случае применения других преобразователей напряжения питания (не управляемых DTC-системой, как ACS800) с управлением посредством широтно-импульсной модуляции, обычно необходимо провести комбинированные испытания для подтверждения правильных температурных режимов двигателя. Эти испытания можно не проводить, если взрывонепроницаемые двигатели оснащены датчиками температуры, предназначенными для контроля температуры поверхностей. Такие двигатели имеют следующую дополнительную маркировку на заводской табличке: - "PTC" с температурой отключения и "DIN 44081/82".

В случае применения ШИМ-преобразователей напряжения питания с минимальной частотой переключения 3 кГц и выше, необходимо придерживаться инструкций, приведенных в главе 5.8.3, для предварительного расчета параметров.

За дополнительной информацией о взрывонепроницаемых двигателях температурных классов T5 и T6, используемых в приводах с преобразователями частоты, обращайтесь в компанию ABB.

Двигатели с защитой типа «е» Ex e

Компания ABB не рекомендует использовать низковольтные двигатели со всыпной обмоткой с защитой типа «е» с приводами с преобразователями частоты. В этом руководстве не рассматриваются эти двигатели в приводах с преобразователями частоты.

Двигатели с защитой типа «п» Ex nA

В соответствии со стандартами, сочетание двигателя и преобразователя должно быть испытано в качестве узла или рассчитано теоретически.

Большинство чугунных двигателей ABB с защитой типа «е» были испытаны с конвертерами ABB ACS800 с использованием DTC-управления, и эти сочетания могут выбираться в соответствии с инструкциями по расчету параметров, приведенными в главе 5.8.2.

В случае применения ШИМ-преобразователей напряжения питания с минимальной частотой переключения 3 кГц и выше, можно придерживаться инструкций по предварительному расчету параметров, приведенных в главе 5.8.3 данного руководства. Окончательные значения должны быть проверены путем комбинированных испытаний.

Пылевзрывозащищенные двигатели Ex tD

В соответствии со стандартами, конструкция двигателя должна быть такова, чтобы температура его внешней поверхности была ограничена в соответствии с температурным классом (T1 25°C). За дополнительной информацией по температурным классам ниже, чем 125°C, обращайтесь в компанию ABB.

Большинство двигателей ABB Ex tD (125°C) были испытаны с конвертерами ACS800 с использованием DTC-управления, и эти сочетания могут выбираться в соответствии с инструкциями по расчету параметров, приведенными в главе 5.8.2.

В случае применения каких-либо других преобразователей напряжения питания с управлением посредством широтно-импульсной модуляции, обычно необходимо провести комбинированные испытания для подтверждения правильных температурных режимов двигателя. Эти испытания можно не проводить, если Ex tD-двигатели оснащены датчиками температуры, предназначенными для контроля температуры поверхностей. Такие двигатели имеют следующую дополнительную маркировку на заводской табличке: - "PTC" с температурой отключения и "DIN 44081/82".

В случае применения ШИМ-преобразователей напряжения питания с минимальной частотой переключения 3 кГц и выше, можно придерживаться инструкций, приведенных в главе 5.8.3, для предварительного расчета параметров.

5.3 Изоляция обмоток

5.3.1 Междофазные напряжения

Максимально допустимые междофазные напряжения на клемме электродвигателя как функция длительности переднего фронта импульса представлены на рис. 4.

Самая верхняя кривая «Специальная изоляция ABB» относится к двигателям с дополнительной изоляцией обмоток для питания от преобразователя частоты, код модификации 405.

Кривая «Стандартная изоляция ABB» относится ко всем остальным двигателям, рассматриваемым в данном руководстве.

5.3.2 Фазные напряжения

Допустимые максимальные фазные напряжения на клеммах электродвигателя:

стандартная изоляция 1300 В максимум;

специальная изоляция 1800 В максимум.

5.3.3 Выбор изоляции обмоток для конвертеров ACS800

В случае применения одиночных приводов ABB ACS800 с диодным блоком питания, выбрать изоляцию обмоток и фильтры можно по представленной ниже таблице.

| Номинальное напряжение питания U_N конвертера | Необходимые изоляция обмоток и фильтры |
|---|---|
| $U_N \leq 500$ В | Стандартная изоляция ABB |
| $U_N \leq 600$ В | Стандартная изоляция ABB + dU/dt-фильтры ИЛИ Специальная изоляция ABB (код модификации 405) |
| $U_N \leq 690$ В | Специальная изоляция ABB (код модификации 405) И dU/dt-фильтры на выходе конвертера |

За дополнительной информацией о резисторном торможении и конвертерах с управляемыми блоками питания обращайтесь в компанию ABB.

5.3.4 Выбор изоляции обмоток для всех прочих преобразователей

Градиенты напряжения должны ограничиваться до приемлемых пределов. Обратитесь к разработчику системы, чтобы убедиться в безопасности применения. Влияние возможного применения фильтров необходимо принимать во внимание при расчете параметров электродвигателя.

5.4 Термозащита обмоток

Все чугунные электродвигатели для опасных зон производства компании ABB оснащаются терморезисторами с положительным ТКС для предотвращения выхода температуры обмоток за температурные пределы примененных изоляционных материалов (обычно применяется изоляция класса В или F).

Примечание.

Если иное не указано на заводской табличке, эти терморезисторы не предотвращают нагрев поверхности двигателей выше предельных значений для их температурных классов (Т4, Т5 и т. д.).

Рекомендуется подключить терморезисторы к реле в цепи терморезистора, которое функционирует независимо и специально предназначено для надежного отключения питания электродвигателя.

Примечание.

В соответствии с местными правилами установки может быть также допустимо подключение терморезисторов к оборудованию, отличному от терморезисторного реле. Например, это могут быть входы управления преобразователя частоты.

5.5 Подшипниковые токи

В целях обеспечения надежности и безопасности следует предотвращать возникновение подшипниковых напряжений и токов во всех применениях с регулируемой частотой вращения. Для этого необходимо использовать изолированные подшипники или подшипниковые узлы, фильтры синфазных помех и соответствующие методы прокладки кабелей и заземления.

5.5.1 Подавление подшипниковых токов для конвертеров АВВ АС800

В случае применения преобразователя частоты АВВ АС800 с диодным блоком питания (нерегулируемое постоянное напряжение) необходимо использовать следующие методы для предотвращения вредных подшипниковых токов.

| Габарит корпуса | |
|-----------------|---|
| 250 и менее | Не требуется никаких действий |
| 280 – 315 | Изолированный подшипник на неприводной стороне |
| 355 – 450 | Изолированный подшипник на неприводной стороне И Фильтр синфазных помех на конвертере |

Компания АВВ применяет изолированные подшипники, которые имеют покрытые оксидом алюминия внутренние и (или) наружные поверхности или керамические тела качения. Покрытия из оксида алюминия также обрабатываются герметиком для предотвращения проникновения грязи или влаги в пористое покрытие. Точная информация о типе изоляции подшипника имеется на заводской табличке двигателя. Запрещается менять тип подшипника или метод изоляции без разрешения компании АВВ.

5.5.2 Подавление подшипниковых токов для всех прочих конвертеров

Пользователь отвечает за защиту двигателя и приводимого им оборудования от вредных подшипниковых токов. Можно придерживаться инструкций, приведенных в главе 5.5.1, но их эффективность нельзя гарантировать во всех случаях.

5.6 Прокладка кабелей, заземление и электромагнитная совместимость

Чтобы обеспечить правильное заземление и соответствие всем применимым требованиям по электромагнитной совместимости, для подключения двигателей мощностью свыше 30 кВт необходимо использовать экранированные симметричные кабели и обеспечивающие электромагнитную совместимость кабельные уплотнения, то есть кабельные уплотнения, обеспечивающие 360-градусное подключение заземления. Симметричные и экранированные кабели настоятельно рекомендуются также и для двигателей меньших габаритов. Обеспечьте 360-градусное заземление на всех кабельных вводах, как описано в инструкциях для уплотнений. Скрутите экраны кабелей и подключите их к ближайшей клемме или шине заземления внутри коробки выводов, корпуса конвертера и т. д.

Примечание.

Соответствующие кабельные уплотнения, обеспечивающие 360-градусное подключение заземления, должны использоваться во всех местах подключения внешних проводников, например, на двигателе, конвертере, защитном выключателе и т. д.

Для двигателей с габаритом корпуса МЭК 280 и выше необходимо дополнительное выравнивание потенциалов между корпусом двигателя и приводимым оборудованием, если только они не установлены на общем стальном основании. В этом случае необходимо проверить высокочастотную проводимость соединения, обеспечиваемого стальным основанием, например, путем измерения разности потенциалов между компонентами.

Дополнительная информация о заземлении и подключении кабелей приводов с преобразователями частоты имеется в руководстве "Grounding and cabling of the drive system" (Код: 3AFY 61201998).

5.7 Рабочая частота вращения

При работе с более высокой частотой вращения, чем указанная на заводской табличке двигателя, убедитесь в том, что не превышаете ни максимальная допустимая частота вращения двигателя, ни предельная частота вращения для всей прикладной системы.

5.8 Расчет параметров двигателя для применения с преобразователем частоты

5.8.1 Общие сведения

В случае применения конвертеров ABB ACS800 с DTC-управлением, расчет параметров можно произвести по кривым нагрузочной способности, приведенным в параграфе 5.8.2, или с помощью программы расчета параметров DriveSize, разработанной компанией ABB. Эту программу можно загрузить с веб-сайта компании ABB (www.abb.com/motors&drives). Кривые нагрузочной способности основаны на номинальном напряжении питания.

5.8.2 Расчет параметров для конвертеров ABB ACS800 с DTC-управлением

Кривые допустимой нагрузки, представленные на рис. 5 и 6, показывают максимально допустимый выходной крутящий момент электродвигателя при продолжительной работе, как функцию частоты питания. Выходной крутящий момент дается в процентах от номинального крутящего момента двигателя.

Примечание.

Запрещается превышать максимально допустимую частоту вращения электродвигателя, даже если кривые нагрузочной способности даны до значения 100 Гц.

Для расчета параметров двигателей и типов защиты, не указанных на рис. 5 и 6, обращайтесь в компанию ABB.

5.8.3 Расчет параметров для других ШИМ-преобразователей напряжения питания.

Предварительный расчет параметров можно сделать с помощью следующих общих кривых допустимой нагрузки, см. рис. 7 и 8. Эти общие кривые подразумевают минимальную частоту переключения 3 кГц. Чтобы обеспечить безопасность, необходимо либо провести испытания этого сочетания, либо использовать датчики температуры, предназначенные для контроля температуры поверхностей.

Примечание.

Фактическая температурная нагрузочная способность двигателя может быть ниже показанной на общих кривых.

5.8.4 Кратковременные перегрузки

Взрывонепроницаемые двигатели ABB обычно допускают возможность кратковременной перегрузки. Точные значения см. на заводской табличке двигателя.

Способность выдерживать перегрузки определяется тремя факторами:

I_{OL} Максимальный кратковременный ток
 T_{OL} Допустимая длительность периода перегрузки
 T_{COOL} Время остывания, необходимое после каждого периода перегрузки. Во время периода остывания ток и момент двигателя не должны превышать предел допустимой длительной нагрузки.

5.9 Заводские таблички

Следующие параметры должны быть указаны на заводских табличках двигателей для опасных зон при работе с преобразователями частоты:

- диапазон частоты вращения;
- диапазон мощности;
- диапазон напряжения и тока;
- тип момента (постоянный или квадратичный);
- тип конвертера и требуемая минимальная частота переключения.

5.10 Ввод в эксплуатацию прикладной системы с преобразователем частоты

Ввод в эксплуатацию прикладной системы с преобразователем частоты необходимо осуществлять в соответствии с инструкциями для преобразователя частоты и местных законов и правил. Необходимо также принимать во внимание требования и ограничения, накладываемые прикладной системой.

Все параметры, необходимые для установки конвертера, необходимо взять с заводских табличек двигателя. Наиболее часто необходимые параметры:

- номинальное напряжение двигателя;
- номинальный ток двигателя;
- номинальная частота двигателя;
- номинальная частота вращения двигателя;
- номинальная мощность двигателя.

Примечание. Если информация отсутствует или неточна, не эксплуатируйте двигатель, пока не убедитесь в правильности настроек.

Компания ABB рекомендует использовать все подходящие защитные функции, предусмотренные в конвертере, для повышения безопасности прикладной системы. В конвертерах обычно предусмотрены функции, подобные перечисленным ниже (названия и доступность функций зависят от производителя и модели конвертера):

- минимальная частота вращения;
- максимальная частота вращения;
- время ускорения и время останова;
- максимальный ток;
- максимальный момент;
- защита от заклинивания.

ВНИМАНИЕ

Эти функции являются дополнительными и не заменяют защитных функций, требуемых стандартами.

6. Техническое обслуживание

ВНИМАНИЕ

При остановленном двигателе напряжение может быть подключено внутри коробки для нагревательных элементов или прямо к подогреву обмоток.

ВНИМАНИЕ

Стандарты, касающиеся ремонта и обслуживания электрооборудования, предназначенного для эксплуатации в опасных зонах, должны быть учтены. Только имеющий соответствующую квалификацию и хорошо знающий данные стандарты персонал имеет право работать с таким оборудованием.

В зависимости от характера выполняемых работ, отключите и заблокируйте включение питания, прежде чем приступать к работе с двигателем или приводимым механизмом. Убедитесь в отсутствии взрывоопасных газов или пыли во время выполнения работ.

6.1 Общие проверки

1. Периодически проверяйте двигатель. Интервал проверок зависит, например, от влажности окружающего воздуха и местных климатических условий. Этот интервал изначально можно определить опытным путем и впоследствии его необходимо строго придерживаться.
2. Двигатель должен содержаться в чистоте, чтобы обеспечивалась свободная циркуляция охлаждающего воздуха. Если двигатель работает в пыльной среде, систему вентиляции необходимо периодически проверять и очищать. Для пылевзрывозащищенных двигателей Ex tD выполняйте требования спецификаций по окружающей среде, определенные стандартом IEC 61241-14.
3. Следите за состоянием уплотнений вала (например, уплотнительных колец V-образного сечения или радиальных уплотнений) и при необходимости заменяйте их.
Для пылевзрывозащищенных двигателей Ex tD уплотнения вала необходимо заменять после 8000 часов работы или не реже одного раза в два года, в зависимости от условий окружающей среды, указанных выше. Примечание. Если пылевзрывозащищенный двигатель Ex tD оснащен пылезащищенными подшипниками типа 2RS, достаточно заменять уплотнения каждый второй год.
4. Следите за состоянием соединений и крепежных болтов.
5. Следите за состоянием подшипников на слух, измеряя вибрацию или температуру подшипников, наблюдая за выходящей смазкой или с помощью контрольных приборов (SPM). Обращайте на подшипники особое внимание, когда их расчетный срок службы подходит к концу.

При обнаружении признаков износа двигатель следует разобрать, его узлы проверить и при необходимости заменить новыми. При замене подшипников необходимо использовать новые подшипники того же типа. При замене подшипников необходимо заменить уплотнения вала. Новые уплотнения должны по качеству и характеристикам соответствовать оригинальным.

У взрывонепроницаемых двигателей, оснащенных сливной пробкой, периодически поворачивайте накатную головку сливной пробки во избежание ее прикипания. Эту операцию необходимо осуществлять на остановленном двигателе. Интервал проверок зависит от влажности окружающего воздуха и местных климатических условий. Этот интервал изначально можно определить опытным путем и впоследствии его необходимо строго придерживаться.

В случае использования двигателя IP 55, и если двигатель был поставлен с **закрытыми** пробками, рекомендуется периодически открывать сливные пробки, чтобы убедиться в том, что пути отвода конденсата не засорены и конденсат может выходить из двигателя. Эту операцию необходимо осуществлять на остановленном двигателе с соблюдением техники безопасности.

6.2 Смазывание

ВНИМАНИЕ

Берегитесь вращающихся деталей!

ВНИМАНИЕ

Многие смазочные материалы могут раздражать кожу или вызывать воспаление глаз. Поэтому соблюдайте инструкции изготовителя смазки по технике безопасности.

Типы подшипников указаны в документации на изделие, а также на заводской табличке для всех двигателей, за исключением самых малых габаритов.

Надежность является важнейшим аспектом при определении интервалов смазывания. Компания ABB использует для смазывания принцип L1 (то есть, 99 % двигателей гарантированно отработывают установленный срок службы).

6.2.1 Двигатели, оснащенные подшипниками с перманентной смазкой

Двигатели, как правило, оснащены подшипниками с перманентной (непополняемой) смазкой, тип 1Z, 2Z, 2RS или эквивалентный.

В целом, достаточное смазывание для габаритов до 250 может обеспечиваться в течение следующих сроков, в соответствии с принципом L₁. По вопросам эксплуатации при более высокой температуре окружающей среды обращайтесь в компанию ABB. Формула для примерного пересчета значений L₁ на значения L₁₀: L₁₀ = 2,7 × L₁.

Моточасы для подшипников с перманентной смазкой при температуре окружающей среды 25 и 40°C:

| Габарит корпуса | Число полюсов | Моточасы при 25°C | Моточасы при 40°C |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 71 | 2 | 32 000 | 20000 |
| 71 | 4-8 | 41 000 | 25000 |
| 80-90 | 2 | 24 000 | 15000 |
| 80-90 | 4-8 | 36 000 | 22000 |
| 100-112 | 2 | 21 000 | 12000 |
| 100-112 | 4-8 | 33 000 | 20000 |
| 132 | 2 | 16 000 | 10000 |
| 132 | 4-8 | 29 000 | 18000 |
| 160 | 2 | 37 000 | 23000 |
| 160 | 4-8 | 76 000 | 48000 |
| 180 | 2 | 31 000 | 19000 |
| 180 | 4-8 | 71 000 | 44000 |
| 200 | 2 | 25 000 | 15000 |
| 200 | 4-8 | 61 000 | 38000 |
| 225 | 2 | 22 000 | 14000 |
| 225 | 4-8 | 56 000 | 35000 |
| 250 | 2 | 17 000 | 11000 |
| 250 | 4-8 | 48 000 | 30000 |

Эти значения действительны для допустимых значений нагрузки, указанных в документации на изделие. В зависимости от применения и условий нагрузки, см. документацию на данный двигатель или обращайтесь в компанию АВВ.

Моточасы вертикально установленных двигателей составляют половину от указанных значений.

6.2.2 Двигатели с подшипниками с пополняемой смазкой

Табличка с инструкцией по смазыванию

Если двигатель оснащен табличкой с инструкцией по смазыванию, соблюдайте приведенные на ней указания.

В табличке указываются интервалы смазывания в зависимости от монтажного исполнения двигателя, температуры окружающей среды и частоты вращения.

При первом пуске или после смазывания подшипников может наблюдаться временное повышение температуры в течение 10–20 часов.

Некоторые двигатели могут иметь приемник для сбора старой смазки. Соблюдайте специальные указания на такое изделие.

После пополнения смазки Ex tD-двигателя, почистите торцевые щиты двигателя, чтобы освободить их от осевшей пыли.

А. Ручное смазывание

Смазывание работающего двигателя

- Снимите пробки из выпускных отверстий или откройте кран, если такой имеется.
- Убедитесь в том, что смазочный канал открыт.
- Заложите рекомендуемое количество смазки в подшипники.

- Оставьте двигатель работающим на 1-2 часа, чтобы вся излишняя смазка была выдавлена из подшипника. Закройте пробку смазочного отверстия, если она установлена.

Смазывание остановленного двигателя

Пополнение смазки следует осуществлять на работающем двигателе. Если пополнить смазку подшипников на работающем двигателе нельзя, можно произвести смазывание, когда двигатель остановлен.

- В таком случае сначала используется только половина рекомендуемого количества смазки, а затем двигатель работает на полной скорости несколько минут.
- После остановки двигателя заложите оставшееся количество смазки в подшипник.
- Оставьте двигатель работающим на 1-2 часа, затем закройте смазочные отверстия пробками или закройте кран, если он установлен.

Б. Автоматическое смазывание

Если смазывание осуществляется автоматически, необходимо насовсем удалить сливную пробку или открыть кран, если они установлены.

Компания АВВ рекомендует использовать только электромеханические системы.

Количество смазки на интервал смазывания, указанное в таблице, следует удвоить, если используется система автоматического смазывания.

Если смазывание двухполюсных двигателей осуществляется автоматически, следует придерживаться рекомендаций относительно смазочных материалов для двухполюсных двигателей, которые даны в главе «Смазочные материалы».

6.2.3 Интервалы смазывания и количество смазки

Интервалы смазывания вертикально установленных двигателей составляют половину от значений, представленных ниже в таблице.

Интервалы смазывания основываются на рабочей температуре подшипника 80°C (температура окружающей среды +25°). Внимание! Повышение температуры окружающей среды соответственно повышает температуру подшипника. Значения следует уменьшить вдвое при повышении температуры подшипника на 15°C и удвоить при снижении температуры подшипника на 15°C.

Высокоскоростные применения, например, приводы с преобразователями частоты, или низкие скорости с большой нагрузкой требуют более коротких интервалов смазывания.

ВНИМАНИЕ

Превышение максимальной температуры смазки и подшипника (+110°C) недопустимо.

Превышение конструкционной максимальной скорости двигателя недопустимо.

| Габарит корпуса | Кол-во смазки | 3600 об/мин | 3000 об/мин | 1800 об/мин | 1500 об/мин | 1000 об/мин | 500-900 об/мин |
|--|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Шариковые подшипники | | | | | | | |
| Интервал смазывания в моточасах | | | | | | | |
| 112 | 10 | 10000 | 13000 | 18000 | 21000 | 25000 | 28000 |
| 132 | 15 | 9000 | 11000 | 17000 | 19000 | 23000 | 26500 |
| 160 | 25 | 7000 | 9500 | 14000 | 17000 | 21000 | 24000 |
| 180 | 30 | 6000 | 9000 | 13500 | 16000 | 20000 | 23000 |
| 200 | 40 | 4000 | 6000 | 11000 | 13000 | 17000 | 21000 |
| 225 | 50 | 3000 | 5000 | 10000 | 12500 | 16500 | 20000 |
| 250 | 60 | 2500 | 4000 | 9000 | 11500 | 15000 | 18000 |
| 280 | 35 | 2000 | 3500 | – | – | – | – |
| 280 | 70 | – | – | 8000 | 10500 | 14000 | 17000 |
| 315 | 35 | 2000 | 3500 | – | – | – | – |
| 315 | 90 | – | – | 6500 | 8500 | 12500 | 16000 |
| 355 | 35 | 1200 | 2000 | – | – | – | – |
| 355 | 120 | – | – | 4200 | 6000 | 10000 | 13000 |
| 400 | 40 | 1000 | 1600 | – | – | – | – |
| 400 | 130 | – | – | 2800 | 4600 | 8400 | 12000 |
| 450 | 40 | 1000 | 1600 | – | – | – | – |
| 450 | 140 | – | – | 2400 | 4000 | 8000 | 8800 |
| Роликовые подшипники | | | | | | | |
| Интервал смазывания в моточасах | | | | | | | |
| 160 | 25 | 3500 | 4500 | 7000 | 8500 | 10500 | 12000 |
| 180 | 30 | 3000 | 4000 | 7000 | 8000 | 10000 | 11500 |
| 200 | 40 | 2000 | 3000 | 5500 | 6500 | 8500 | 10500 |
| 225 | 50 | 1500 | 2500 | 5000 | 6000 | 8000 | 10000 |
| 250 | 60 | 1300 | 2200 | 4500 | 5700 | 7500 | 9000 |
| 280 | 35 | 1000 | 1800 | – | – | – | – |
| 280 | 70 | – | – | 4000 | 5300 | 7000 | 8500 |
| 315 | 35 | 1000 | 1800 | – | – | – | – |
| 315 | 90 | – | – | 3000 | 4300 | 6000 | 8000 |
| 355 | 35 | 600 | 1000 | – | – | – | – |
| 355 | 120 | – | – | 2000 | 3000 | 5000 | 6500 |
| 400 | 120 | 500 | 800 | – | – | – | – |
| 400 | 130 | – | – | 1400 | 2300 | 4200 | 6000 |
| 450 | 120 | 500 | 800 | – | – | – | – |
| 450 | 140 | – | – | 1200 | 2000 | 4000 | 4400 |

6.2.4 Смазочные материалы

ВНИМАНИЕ

Не смешивайте разные смазочные материалы.

Неподходящие смазочные материалы могут повредить подшипник.

Для пополнения смазки следует применять только предназначенную специально для шариковых подшипников смазку со следующими свойствами:

- высококачественная смазка на основе комплекса лития и с минеральным или ПАО-маслом;
- вязкость базового масла 100 - 160 сСт при 40°C;
- класс консистенции по NLGI: 1,5 – 3*);
- температурный диапазон от -30°C до +140°C, постоянно.

*) Для вертикальных двигателей или жарких условий рекомендуется использовать более твердую часть шкалы.

Указанные выше спецификации смазки действительны, если температура окружающей среды выше -30°C и ниже +55°C, а температура подшипника ниже 110°C; в противном случае обратитесь в компанию ABB по поводу подходящей смазки.

Смазку с требуемыми свойствами можно приобрести у всех основных изготовителей смазочных материалов.

Использование присадок рекомендуется, но от изготовителя смазочного материала требуется письменная гарантия особенно о том, что присадки EP не повреждают подшипники и не нарушают свойства смазочного материала в рабочем диапазоне температур.

ВНИМАНИЕ

Не рекомендуется использовать присадки EP при высоких температурах подшипников для габаритов корпуса 280-450.

Использовать можно следующие высококачественные смазки:

- Esso Unirex N2, N3 или S2 (основа комплекса лития)
- Mobil Mobilith SHC 100 (основа комплекса лития)
- Shell Gadus S5 V 100 2 (основа комплекса лития)
- Klüber Klüberplex BEM 41-132 (специальная литиевая основа)
- FAG Arcanol TEMP110 (основа комплекса лития)

Примечание.

Всегда используйте высокоскоростную смазку для высокоскоростных двухполюсных двигателей, у которых коэффициент скорости превышает 480 000 (формула расчета:

$Dm \times n$, где Dm = средний диаметр подшипников, мм и n = число оборотов, об/мин).

Следующие смазки можно использовать для высокоскоростных чугуновых двигателей, но их нельзя смешивать с литиевыми комплексными смазками.

- Klüber Klüber quiet BQH 72-102 (полиур. основа)
- Lubcon Turmogrease PU703 (полиур. основа)

Если используются другие смазочные материалы, уточните у изготовителя, что их качество соответствует качеству указанных выше материалов, или если имеются сомнения в совместимости смазочного материала, обратитесь в компанию ABB.

Низкотемпературная смазка (от -30 до -55°C): компания ABB рекомендует использовать для смазки двигателей литий-комплексные смазки. Вязкость смазки при 40°C должна составлять 100 сСт. Следует использовать синтетическую смазку, так как она меньше реагирует на перепады температур.

7. Послепродажное обслуживание

7.1 Запасные части

В качестве запасных частей должны использоваться оригинальные детали, поставленные и проверенные компанией ABB, если не имеется особых указаний.

Необходимо соблюдать требования стандарта МЭК 60079-19.

При заказе запасных частей необходимо сообщить серийный номер, полное обозначение и код изделия, указанные в заводской табличке двигателя.

7.2 Разборка, сборка и перематывание обмоток

Производите разборку и сборку двигателя и перематывание обмоток согласно стандарту МЭК 60079-19. Все действия должны выполняться производителем (компанией ABB) или ремонтной организацией, уполномоченной компанией ABB.

Запрещается осуществлять любые изменения деталей, образующих взрывобезопасную оболочку, и деталей, обеспечивающих защиту от пыли. Кроме того, нельзя закрывать вентиляционные отверстия.

Перематывание обмоток должно выполняться только ремонтной организацией, уполномоченной компанией ABB.

При установке торцевых щитов или коробки выводов на корпус взрывозащищенного двигателя убедитесь, что центрирующие выступы смазаны тонким слоем специальной незатвердевающей смазки, а краска и грязь на них отсутствуют. При установке торцевых щитов на корпус пылевзрывозащищенных двигателей Ex tD центрирующие выступы необходимо смазать уплотняющей смазкой или герметиком. Следует использовать материалы тех же типов, которые применялись при первоначальной сборке двигателя для данного вида защиты.

7.3 Подшипники

Подшипники требуют особого ухода.

Их следует демонтировать с помощью специальных съемников, они устанавливаются нагретыми или с использованием подходящего для этой цели специнструмента.

Замена подшипников производится согласно отдельной инструкции компании ABB. Существуют особые рекомендации по замене подшипников пылевзрывозащищенных Ex tD двигателей (поскольку вместе с подшипниками следует заменять и уплотнения).

Соблюдайте указания, имеющиеся на двигателе, например, на этикетках. Следует использовать только те типы подшипников, которые указаны на заводской табличке.

ВНИМАНИЕ!

Любой ремонт двигателя, выполненный потребителем без особого одобрения изготовителя, освобождает изготовителя от ответственности за соответствие двигателя стандартам.

8. Требования по охране окружающей среды

8.1 Уровень шума

Уровень звукового давления большинства двигателей ABB не превышает 82 дБ(А) (± 3 дБ) при частоте 50 Гц.

Значения для каждого двигателя приводятся в соответствующей документации на изделие. При питании синусоидальным током с частотой 60 Гц уровни превышают значения, указанные в каталогах продукции для частоты 50 Гц, приблизительно на 4 дБ(А).

Уровни звукового давления при питании с использованием преобразователей частоты можно узнать в компании ABB.

9. Устранение неполадок

Настоящие инструкции не покрывают все возможные случаи во время монтажа, эксплуатации или технического обслуживания. За дополнительной информацией обращайтесь в ближайшее представительство компании ABB.

Таблица поиска неисправностей двигателя

Лицо, занимающееся уходом и ремонтом двигателя, должно быть высококвалифицировано, ознакомлено с правилами техники безопасности, и иметь соответствующие инструмент и средства.

| ПРОБЛЕМА | ПРИЧИНА | МЕРОПРИЯТИЕ |
|---|--|--|
| Двигатель не запускается | Перегорели предохранители | Установите новые предохранители соответствующего типа и номинала. |
| | Срабатывание по перегрузке | Проверьте пускатель на срабатывание по перегрузке. |
| | Неправильное напряжение питания | Проверьте правильность питающего напряжения по заводской табличке. |
| | Неправильное соединение | Проверьте соединения по схемам соединений, поставляемым с двигателем, и по заводской табличке. |
| | Обрыв в обмотке или цепи управления | Можно судить по жужжанию выключателя, когда он включен. Проверьте слабые соединения проводов. Проверьте также включение ключей управления. |
| | Механический дефект | Проверьте свободное вращение двигателя и привода. Проверьте подшипники и смазывание. |
| | Короткое замыкание на статоре Плохое соединение обмотки статора | Можно судить по перегоревшему предохранителю и измерениям. Перематывание двигателя необходимо. Откройте двигатель, найдите неисправность путем измерений. |
| | Неисправный ротор | Проверьте исправность стержней ротора и замыкающих колец. |
| | Возможная перегрузка двигателя | Уменьшите нагрузку. |
| Двигатель остановился | Возможен обрыв в цепи одной из фаз | Проверьте цепи по фазам на предмет обрыва |
| | Двигатель не подходит к объекту | Измените тип и габарит двигателя. Свяжитесь с изготовителем. |
| | Перегрузка | Уменьшите нагрузку. |
| | Низкое напряжение | Проверьте напряжение по заводской табличке. Проверьте соединения. |
| | Обрыв цепи | Перегорели предохранители, проверьте реле защиты от перегрузки, статор и нажимные кнопки. |
| Двигатель запускается, затем останавливается | Потеря питающего напряжения | Проверьте слабые соединения, предохранители и цепь управления. |
| Двигатель не достигает своей номинальной скорости | Двигатель не подходит к объекту | Свяжитесь с поставщиком по выбору нужного двигателя. |
| | Низкое напряжение на клеммах двигателя из-за потерь напряжения | Примените более высокое напряжение или пусковой трансформатор. Уменьшите нагрузку. Проверьте соединения. Проверьте сечение кабелей. |
| | Большая нагрузка при пуске | Проверьте пусковое устройство двигателя |
| | Сломался ротор | Убедитесь в отсутствии поломок в замыкающих кольцах. Как правило, требуется новый ротор. |
| | Обрыв в первичной цепи | С помощью тестера найдите неисправность и устраните ее. |

| ПРОБЛЕМА | ПРИЧИНА | МЕРОПРИЯТИЕ |
|--|--|---|
| Слишком длинное время ускорения двигателя и/или слишком большое потребление тока | Перегрузка | Уменьшите нагрузку. |
| | Низкое напряжение при пуске | Проверьте величину сопротивления. Убедитесь в правильности выбора диаметра кабелей. |
| | Неисправность ротора | Замените ротор новым. |
| | Низкое питающее напряжение | Измените питающее напряжение. |
| Неправильное направление вращения | Неправильная последовательность фаз | Переделайте соединение на клеммах двигателя или в щите. |
| Перегрев двигателя | Перегрузка | Уменьшите нагрузку. |
| | Загрязнены и засорены корпус или вентиляционные отверстия, вследствие чего нарушена вентиляция двигателя | Очистите двигатель и убедитесь в нормальной циркуляции воздуха. |
| | Возможный обрыв одной из фаз | Проверьте надежность подключения проводов и кабелей. |
| | Замыкание на землю | Выявите и устраните замыкание в обмотке. |
| | Несимметричное питающее напряжение на клеммах двигателя | Проверьте провода, соединения и трансформаторы. |
| Вибрация двигателя | Неправильная центровка | Выполните центровку правильно. |
| | Слабый фундамент двигателя | Укрепите фундамент. |
| | Дисбаланс муфты | Сбалансируйте муфту. |
| | Не сбалансирован приводимый механизм | Сбалансируйте механизм заново. |
| | Неисправные подшипники | Замените подшипники. |
| | Подшипники несоосны | Выверните подшипники должным образом. |
| | Сместились балансировочные грузы | Повторите балансировку двигателя. |
| | Балансировка ротора и муфты отличаются (полушпонка — полная шпонка) | Повторите балансировку муфты или двигателя. |
| | Трехфазный двигатель работает в однофазном режиме | Проверьте цепи на предмет обрыва. |
| | Большой осевой зазор | Отрегулируйте подшипники или используйте прокладку. |
| Трущийся шум | Вентилятор задевает торцевой щит или крышку | Установите вентилятор правильно. |
| | Ослабло крепление к фундаменту | Затяните крепежные болты. |
| Двигатель шумит | Неоднородность воздушного зазора | Проверьте крепление торцевого щита и подшипников. |
| | Дисбаланс ротора | Сбалансируйте заново. |

| ПРОБЛЕМА | ПРИЧИНА | МЕРОПРИЯТИЕ |
|--------------------|---|--|
| Нагрев подшипников | Вал погнут или треснул | Выпрямите или замените вал. |
| | Перетянутый ремень | Уменьшите натяжение ремня. |
| | Большое расстояние до шкивов по оси вала | Сдвиньте шкивы ближе к подшипникам двигателя. |
| | Слишком мал диаметр шкива | Используйте шкив большего диаметра. |
| | Несоосность | Произведите центровку двигателя заново. |
| | Недостаточное смазывание | Обеспечьте наличие в подшипниках качества и количества смазки. |
| | Ухудшение свойств смазки или загрязнение смазочного материала | Удалите старую смазку, тщательно промойте подшипники в керосине и замените смазку. |
| | Слишком много смазки | Уменьшите количество смазки, подшипник не должен быть заполнен более чем наполовину. |
| | Перегрузка подшипников | Проверьте центровку, радиальные и осевые усилия. |
| | Повреждение шарика или дорожек качения | Замените подшипник, предварительно тщательно очистив его посадочное место. |

Рис. 1. Схема подключения

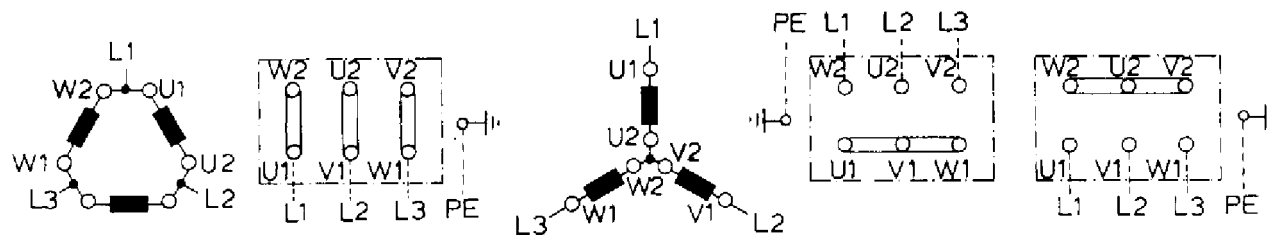


Рис. 2. Ременный привод

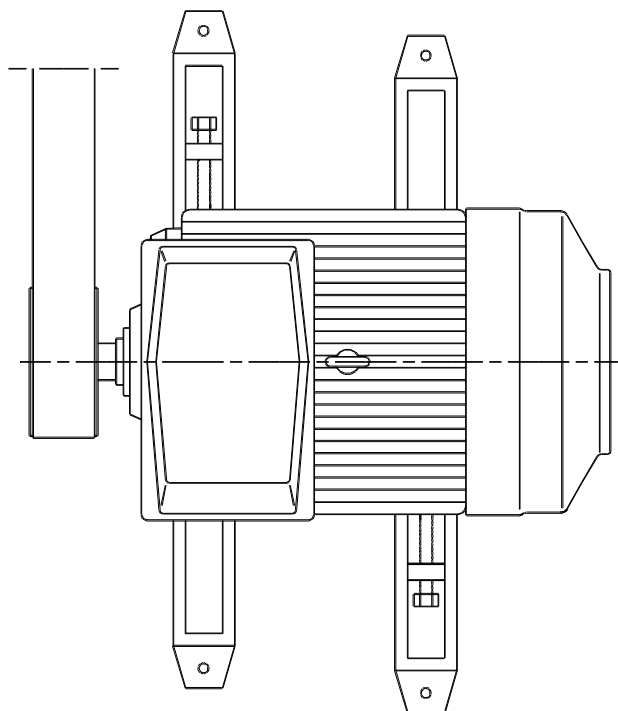


Рис. 3. Монтаж полумуфты или шкива

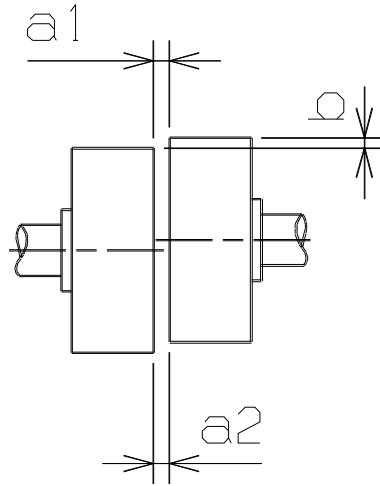
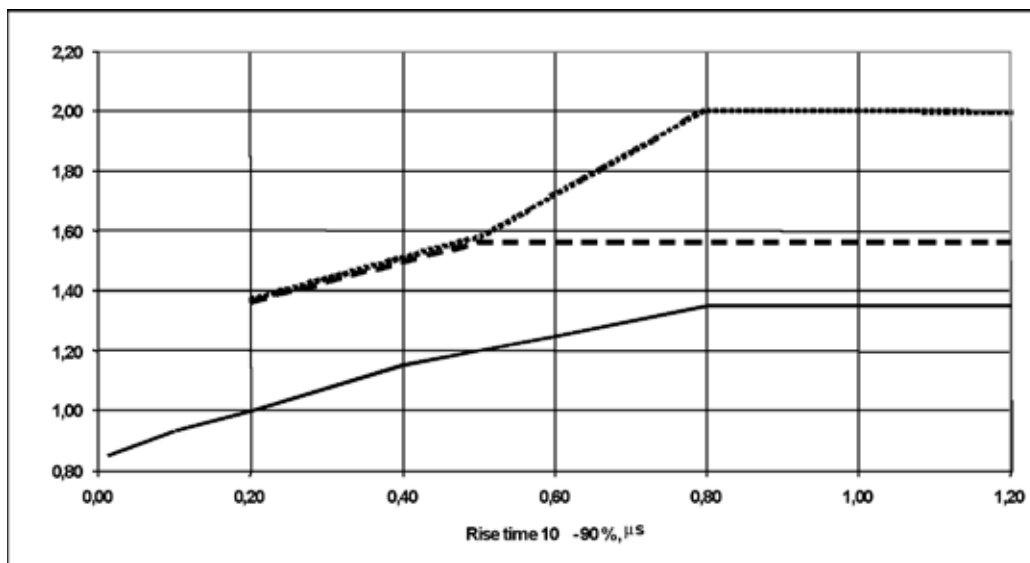


Рис. 4. Допустимые максимальные значения напряжения при смене фаз на контактах двигателя как функция длительности фронта импульса. Длительность фронта импульса определяется в соответствии с МЭК60034-17. Специальная изоляция АВВ; ----- Стандартная изоляция АВВ; ____ МЭК TS 60034-17.



Кривая допустимой нагрузки при использовании с конвертерами ACS800 с принципом непосредственного управления моментом

Рис. 5. Взрывонепроницаемые двигатели Ex d, Ex de, чугунные (тип M3GP) пылевзрывозащищенные двигатели (Ex tD); номинальная частота двигателя 50/60 Гц

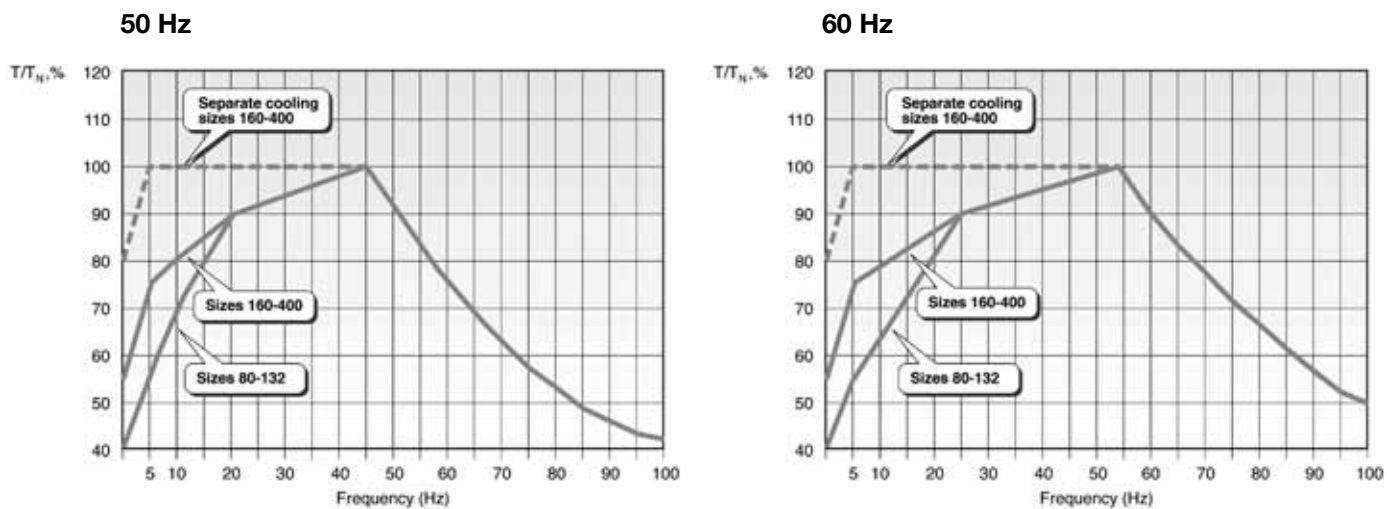
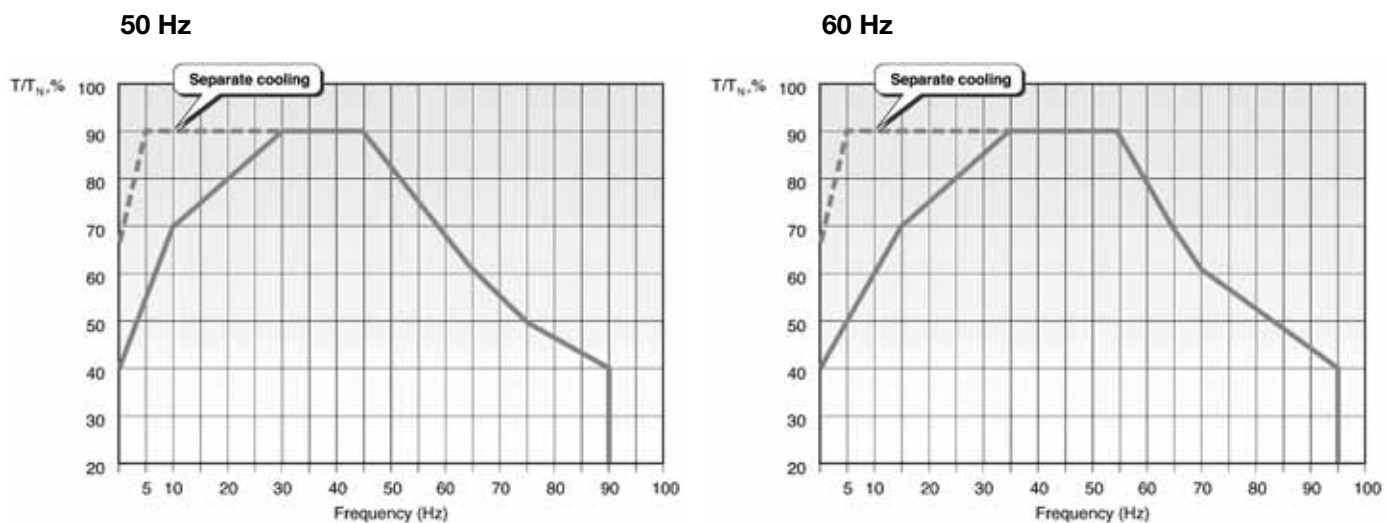


Рис. 6. Искробезопасные двигатели Ex nA, чугунные (тип M3GP); номинальная частота двигателя 50/60 Гц



Общие кривые допустимой нагрузки при работе с другими преобразователями частоты с ШИМ-регулированием

Рис. 7. Взрывонепроницаемые двигатели Ex d, Ex de, чугунные пылевзрывозащищенные двигатели (Ex tD T125°C); номинальная частота двигателя 50/60 Гц

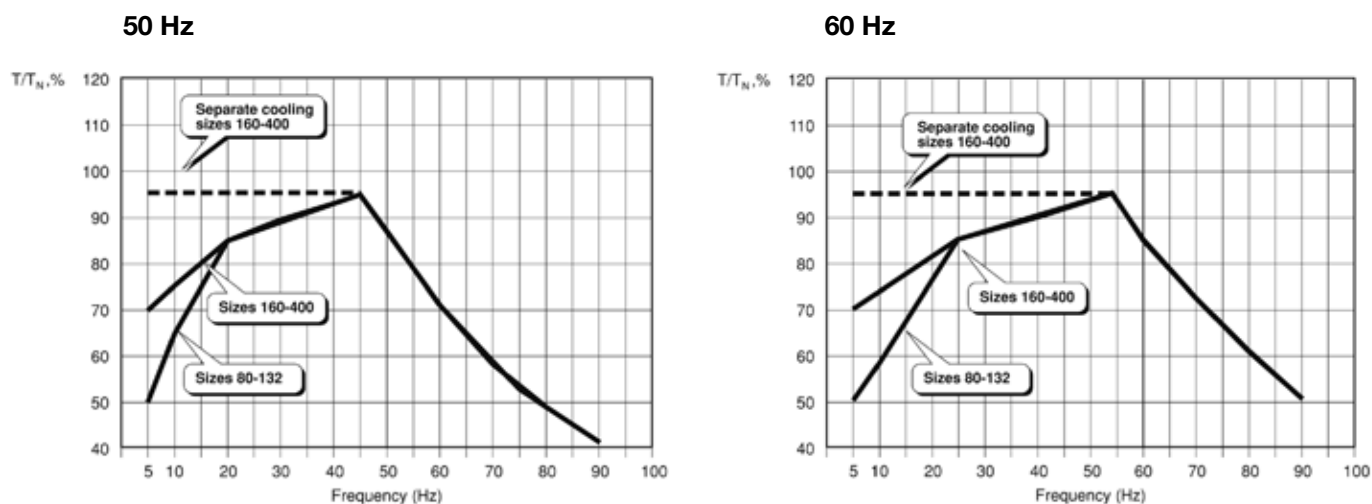


Рис. 8. Искробезопасные двигатели Ex nA, чугунные пылевзрывозащищенные двигатели, (Ex tD); номинальная частота двигателя 50/60 Гц

