



Системы плавного пуска

Учебное пособие



ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга написана для того, чтобы служить обобщенным руководством для тех, кто будет использовать систему плавного пуска, а также для тех, кто хочет подробнее познакомиться с этим типом пуска. Являетесь ли вы специалистом или новичком в этой области - не имеет значения. Мы надеемся, что прочитав либо всю книгу от корки до корки, либо ограничившись заинтересовавшими вас разделами, вы найдете интересную и полезную информацию.

Индексный список, приведенный в конце книги, упрощает процесс поиска.

Содержание этой книги во многом базируется на 20-летнем опыте, который мы приобрели в группе компаний АВВ в процессе разработки, производства и применения систем плавного пуска.

Эта книга не является полным техническим руководством или инструкцией для любого типа систем плавного пуска компании АВВ, однако она является дополнением к техническим каталогам и брошюрам, которые мы выпускаем в комплекте с нашими изделиями, и дает общее представление о том, что следует иметь в виду при работе с системами плавного пуска.

Более подробная информация о системах плавного пуска и других продуктах группы компаний АВВ находится на web-сайте www.abb.com

Все рекомендации, приведенные в этой книге, являются общими, и каждая конкретная область применения должна рассматриваться отдельно.

ABB Automation Technology Products AB, Control
Февраль 2003г.

Magnus Kjellberg

Soren Kling

Группа компаний АВВ не несет никакой ответственности за ущерб, возникший в результате применения этого учебного пособия.

Содержание

Стандарты	...1
Европейские директивы	...1
Маркировка СЕ	...1
Спецификации США и Канады	...1
Использованные стандарты	...1
Общие сведения о моторах	...2
Моторы с короткозамкнутым ротором	...3
Напряжение	...4
Коэффициент мощности	...5
Скорость	...6
Крутящий момент	...7
Моторы с контактными кольцами	...7
Различные методы пуска	...8
Пуск прямой подачей напряжения	...9
Пуск переключением соединения звездой на соединение треугольником	...10
Преобразователь частоты	...12
Система плавного пуска	...13
Общие проблемы пуска и остановки моторов	...14
Различные области применения	...15
Центробежный вентилятор	...16
Пуск прямой подачей напряжения	...16
Пуск переключением соединения звезда-треугольник	...17
Система плавного пуска	...17
Выбор системы плавного пуска	...18
Центробежный насос	...19
Пуск прямой подачей напряжения	...19
Пуск переключением соединения звезда-треугольник	...20
Система плавного пуска	...21
Выбор системы плавного пуска	...22

Компрессор	...23
Пуск прямой подачей напряжения	...23
Пуск переключением соединения звезда-треугольник	...24
Система плавного пуска	...25
Выбор системы плавного пуска	...26
Ленточный конвейер	...27
Пуск прямой подачей напряжения	...27
Пуск переключением соединения звезда-треугольник	...28
Система плавного пуска	...29
Выбор системы плавного пуска	...30
Выбор системы плавного пуска	...31
Описание систем плавного пуска	...33
Описание различных элементов	...34
Основные настройки	...36
Время процесса включения	...36
Время процесса выключения	...36
Начальное напряжение	...36
Ограничение тока	...37
Пониженное напряжение	...38
Регулируемый номинальный ток мотора	...38
Индикация	...39
Напряжения	...40
Окружающая температура	...41
Большие высоты	...42
Пуск нескольких моторов	...43
Параллельный пуск моторов	...43
Последовательный пуск моторов	...44

Способы включения системы плавного пуска	...45
Включение в линию	...46
Включение в треугольник	...46
Расположение главного контактора	...47
Основные настройки	...49
Таблица настроек без использования функции ограничения тока	...50
Таблица настроек при использовании функции ограничения тока	...51
Пусковая мощность и защита от перегрузки	...52
Пусковая мощность систем плавного пуска	...52
Пусковая мощность при использовании шунтирующего контактора	...53
Пусковая мощность при использовании защиты от перегрузки	...53
Число пусков в час	...54
Коэффициент периодичности	...54
Гармоники	...55
Состав гармоник	...55
Взрывоопасные среды (EEx)	...56
Взрывоопасные участки и зоны	...57
Размещение и выбор системы плавного пуска	...57
Комплектация	...58
Типы комплектации	...59
Категории применимости	...60
Типы предохранителей	...61
Где найти таблицы комплектации	...62
Как читать таблицы комплектаций	...63

Проблемы ЭСР	...65
Два типа неисправностей и различные схемы	...65
Уровни электростатического напряжения	...66
Защита от ЭСР	...66
Часто задаваемые вопросы	...67
Экологическая информация	...69
LCA	...69
EPD	...70
Промышленные ИТ	...71
Различные уровни	...72
Уровень системы плавного пуска	...72
Формулы и коэффициенты преобразования	...73
Формулы	...73
Единицы измерений	...75
Коэффициенты преобразования	...76
Глоссарий	...78

Стандарты



Все системы плавного пуска ABB разработаны и изготовлены в соответствии с правилами, установленными IEC (Международной Электротехнической Комиссией), которая является частью Международной Организации по Стандартизации, ISO.

ISO выпускает документы IEC, которые действуют как основа на мировом рынке.

Системы плавного пуска, созданные в соответствии с этими стандартами, в большинстве стран не подлежат дополнительным проверкам, поскольку за них полностью отвечает производитель. В некоторых странах законодательство требует проведения сертификации.

Для систем плавного пуска, используемых на морских судах, страховые компании иногда требуют сертификаты соответствия, выданные BV (Bureau Veritas), GL (Germanischer Lloyd) и LRS (Lloyd's Register of Shipping), либо другой сертифицирующей организацией.

Европейские директивы

Основными являются три Европейские директивы:

Директива по низковольтному оборудованию 73/23/ЕЕС

Относится к электрооборудованию с напряжением от 50 до 1000 В перем. тока и от 75 до 1500 В пост. тока.

Директива по машинам 89/392/ЕЕС

Относится к требованиям по безопасности машин и механизмов.

Директива по электромагнитной совместимости 89/336/ЕЕС

Относится ко всем устройствам, способным создавать электромагнитные помехи, содержит данные по допустимым уровням излучений и помехозащищенности.

Маркировка CE

Когда изделие проверено на соответствие стандарту IEC (IEC 947-4-2 для систем плавного пуска), оно соответствует как «Директиве по низковольтному оборудованию», так и «Директиве по электромагнитной совместимости» и может нести маркировку CE. В этом случае маркировка CE не покрывает «Директиву по машинам», в части касающейся подключения системы плавного пуска для безопасной работы мотора.

Маркировка CE не является знаком качества. Это подтверждение соответствия Европейским директивам в отношении данного изделия.

Спецификации США и Канады

Требования для американского и канадского рынков схожи между собой, но существенно отличаются от стандартов IEC и других европейских требований.

США **UL** Лаборатория по технике безопасности
Reg. No. 072301-E161428
110800-E161428

Канада **CSA** Канадские стандарты
Reg. No. 1031179

Использованные стандарты

При разработке систем плавного пуска полностью или частично использовались следующие стандарты:

IEC 60947-1
IEC 60947-1/все
IEC 60947-4-2, Прил. 1
EN 50082-2
UL 508
CSA C22.2 No. 14 - M91
LR5 00/00154

Общие сведения о моторах

Современные электромоторы имеют разнообразные конструкции, бывают однофазные моторы, трехфазные моторы, тормозные моторы, синхронные моторы, асинхронные моторы, специальные заказные моторы, двухскоростные моторы, трехскоростные моторы и т. д. Все они имеют свои эксплуатационные свойства и характеристики.

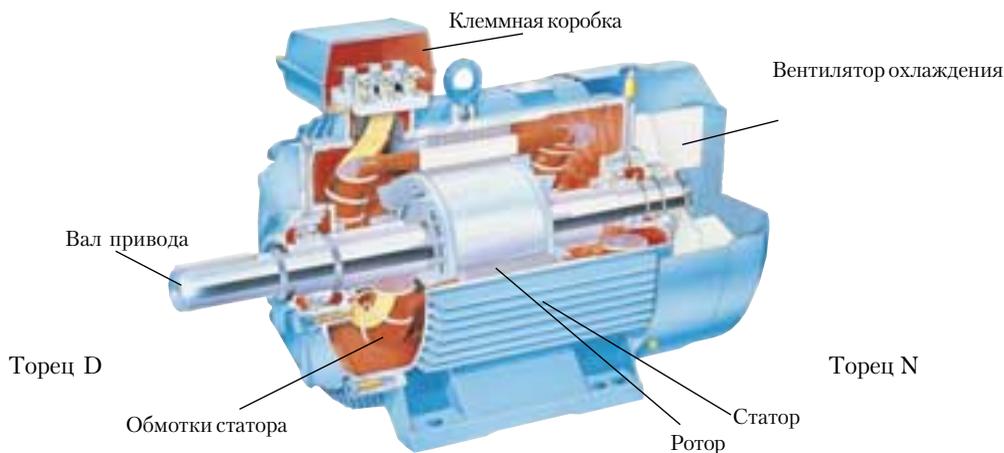
Для каждого типа мотора есть несколько способов монтажа. Например, монтаж на опорах, монтаж на фланце или комбинированный метод монтажа и на опорах, и на фланце. Способы охлаждения еще более разнообразны, начиная от простейших моторов с охлаждением естественной циркуляцией воздуха и до сложных моторов с полностью замкнутым циклом воздушно-водяного охлаждения с теплообменником кассетного типа.

Для достижения длительного срока службы мотора необходимо обеспечить ему соответствующий класс защиты при работе на больших нагрузках в агрессивных средах. Две буквы IP (Международный класс защиты) определяют класс защиты обозначенный следующими за ними двумя цифрами, первая из которых обозначает защиту от контакта и проникновения твердых частиц, а вторая - степень защищенности мотора от воды.

В соответствии со стандартом ИЕС, торец мотора обозначается как:

- Торец D - обычно это торец, со стороны которого находится привод мотора.
- Торец N - обычно это торец, на стороне которого нет привода мотора.

В этой книге мы рассматриваем только асинхронные моторы.



Моторы с короткозамкнутым ротором

В этой книге основное внимание уделяется моторам с короткозамкнутым ротором, поскольку это самый распространенный на рынке тип моторов. Они относительно дешевы и требуют, как правило, небольших затрат на эксплуатацию. На рынке представлено множество производителей, продающих такие моторы по разным ценам. Не все моторы имеют такую же эффективность и качество, как моторы от группы компаний АВВ. Высокий к.п.д. позволяет существенно снизить расходы на электроэнергию при сохранении нормального режима работы мотора. Низкий уровень шумов также высоко ценится сегодня, также как и устойчивость к агрессивным средам.

Есть и другие отличающиеся параметры. Конструкция ротора влияет на пусковой ток и крутящий момент и эти параметры могут существенно отличаться у различных производителей при одинаковой номинальной мощности мотора. При использовании систем плавного пуска неплохо, если мотор имеет высокий стартовый крутящий момент при пуске прямой подачей напряжения (D.O.L). Когда такие моторы используются с системой плавного пуска, можно уменьшить пусковой ток по сравнению с моторами, имеющими малый стартовый крутящий момент. Количество полюсов также влияет на технические характеристики. Мотор с двумя полюсами зачастую имеет меньший стартовый крутящий момент, чем моторы с четырьмя и более полюсами.

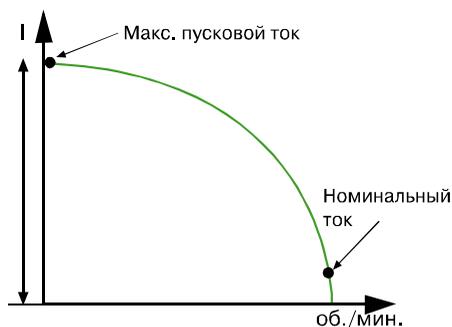


График тока для типового мотора с короткозамкнутым ротором

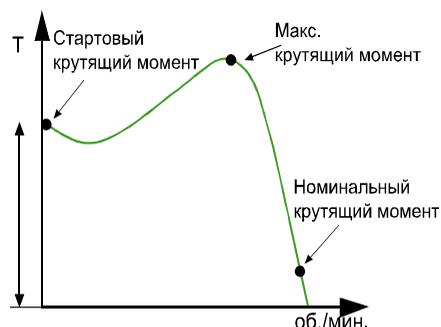


График крутящего момента для типового мотора с короткозамкнутым ротором

Напряжение

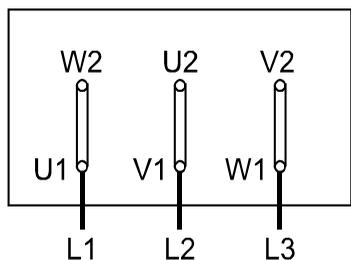
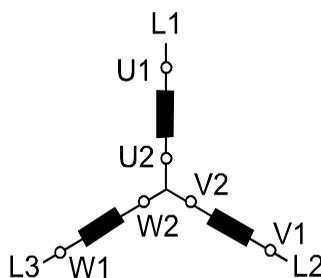
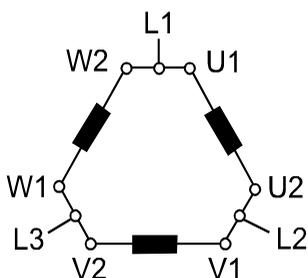
Трехфазные односкоростные моторы обычно могут работать на двух напряжениях. Три обмотки статора соединяются звездой (Y) или треугольником (D).

Обмотки также могут включаться последовательно или параллельно, например, Y или YY. Если на шильдике мотора с короткозамкнутым ротором указаны напряжения для соединения и звездой и треугольником, мотор можно подключать к напряжениям 230 В или 400 В.

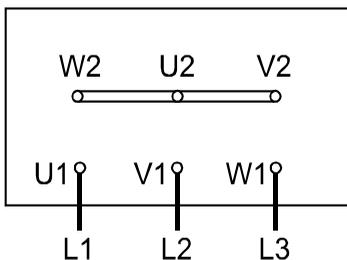
Обмотки соединяются треугольником для 230 В, а при использовании напряжения питания 400 В, используется соединение звездой.

При изменении напряжения питания следует помнить, что при одинаковой номинальной мощности ток будет зависеть от величины напряжения.

На приведенном ниже рисунке показано включение мотора в клеммной коробке звездой или треугольником.



△ — Включение треугольником
230 В
(400 В)

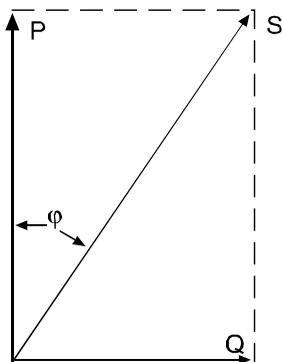


Y — Включение звездой
400 В
(690 В)

Коэффициент мощности

Мотор всегда потребляет активную мощность, которая преобразуется в его механическую работу. Для намагничивания мотора требуется и реактивная мощность, которая не выполняет никакой работы. На приведенной ниже схеме активная и реактивная мощности представлены как P и Q , которые совместно дают мощность S .

Соотношение между активной мощностью (кВт) и реактивной мощностью (кВА) называется коэффициентом мощности и часто обозначается как $\cos \varphi$. Нормальное значение этого коэффициента лежит в пределах 0.7 - 0.9, при этом небольшие моторы имеют невысокое значение этого параметра, а мощные - высокое.



Схема, иллюстрирующая P , Q , S и $\cos \varphi$

Скорость

Скорость мотора переменного тока зависит от двух параметров: количество полюсов обмотки статора и частота напряжения питания. При частоте 50 Гц, мотор будет работать со скоростью равной константе 6000 об./мин. деленной на число полюсов, а при частоте 60 Гц, константа будет равна 7200 об./мин.

Для расчета скорости мотора можно использовать следующую формулу:

$$n = \frac{2 \times f \times 60}{p}$$

n = скорость

f = частота напряжения в сети

p = число полюсов

Пример:

4-полюсный мотор, работающий на 50 Гц

$$n = \frac{2 \times 50 \times 60}{4} = 1500 \text{ об./мин.}$$

Эта скорость соответствует синхронному режиму работы и моторы с короткозамкнутым ротором или со скользящими кольцами никогда ее не достигают. При отсутствии нагрузки скорость мотора будет очень близка к синхронной скорости и будет уменьшаться по мере нагрузки мотора.

Разница между синхронной и асинхронной скоростью, называемой также номинальной скоростью, это «скольжение», которое может быть рассчитано по следующей формуле:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

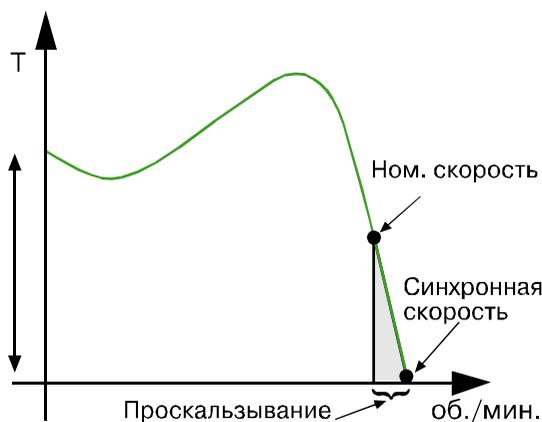
s = скольжение (обычно находится в пределах 1 - 3 %)

n_1 = синхронная скорость

n = асинхронная скорость (номинальная скорость)

Таблица значений синхронной скорости для различного числа полюсов и разных частот:

Число полюсов	50 Гц	60 Гц
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
16	375	450
20	300	360



Схема, показывающая соотношение между синхронной скоростью и номинальной скоростью

Крутящий момент

Стартовый крутящий момент мотора существенно зависит от номинальной мощности мотора. Для небольших моторов, мощностью порядка 30 кВт, он в 2.5 - 3 раза больше номинального крутящего момента, для средних моторов, скажем, мощностью до 250 кВт, его типовое значение в 2 - 2.5 раза больше номинального крутящего момента. Достаточно мощные моторы обычно имеют небольшой стартовый крутящий момент, иногда даже меньше номинального. Такой мотор невозможно запустить под нагрузкой даже путем пуска прямой подачей напряжения.

Номинальный крутящий момент мотора может быть рассчитан по формуле:

$$M_r = \frac{9550 \times P_r}{n_r}$$

M_r = Ном. крутящий момент (Нм)

P_r = Ном. мощность мотора (кВт)

n_r = Ном. скорость мотора (об./мин.)

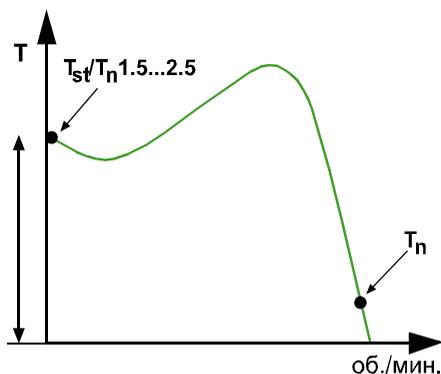


График крутящего момента для типового мотора с короткозамкнутым ротором

Моторы со скользящими кольцами

В некоторых случаях, когда старт прямой подачей напряжения недопустим из-за больших пусковых токов или когда запуск переключением со звезды на треугольник дает слишком малый стартовый крутящий момент, используются моторы со скользящими кольцами. Пуск мотора осуществляется с изменением сопротивления ротора, при этом по мере разгона сопротивление постепенно уменьшается и когда будет достигнута номинальная скорость такой мотор будет работать аналогично мотору с короткозамкнутым ротором.

Преимуществом моторов со скользящими кольцами является уменьшение пускового тока и возможность максимизации стартового крутящего момента.

Как правило, если предполагается использовать систему плавного пуска, вам потребуется заменить мотор.

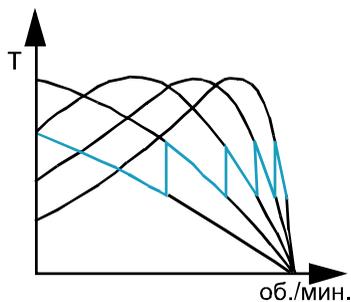


График крутящего момента для мотора со скользящими кольцами

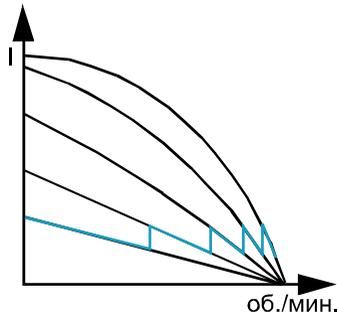


График тока для мотора со скользящими кольцами

Различные способы пуска

Ниже приведено краткое описание наиболее распространенных способов пуска моторов с короткозамкнутым ротором. Описание наиболее общих проблем, встречающихся при пуске и остановке мотора при использовании различных способов пуска, приведено на стр. 14.

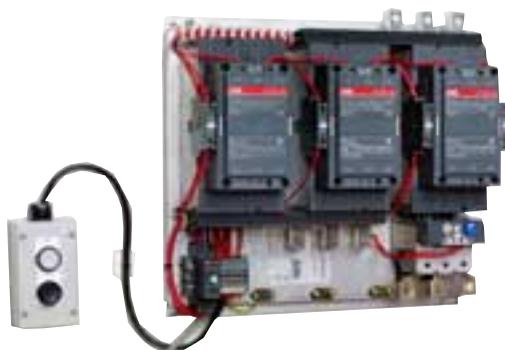
Пуск прямой подачей напряжения (D.O.L)



Преобразователь частоты



Пуск переключением со звезды на треугольник

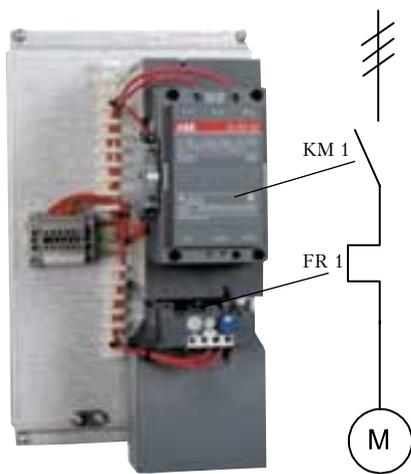


Система плавного пуска



Пуск прямой подачей напряжения (D.O.L)

Этот метод остается самым распространенным способом пуска, имеющимся на рынке. Пусковое оборудование состоит из главного контактора и теплового или электронного реле перегрузки. Недостатком этого метода является самый большой пусковой ток, по сравнению с другими методами. Обычно его величина в 6 - 7 раз превышает номинальный ток мотора, однако бывают случаи превышения и в 9 - 10 раз. Помимо пускового тока возникает импульсный ток, который может в 14 раз превышать номинальный ток, поскольку напряжение на моторе в момент пуска отсутствует.



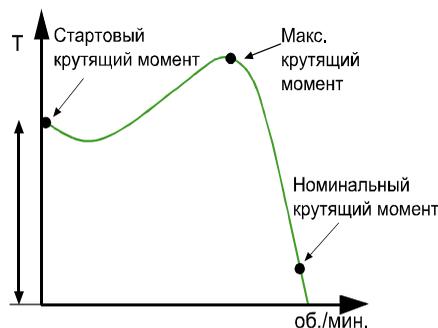
Пускатель прямой подачей напряжения с рубильником и реле перегрузки

KM 1 Главный контактор
FR 1 Реле перегрузки

Схема одной линии при пуске прямой подачей напряжения

Эти величины зависят от конструкции и размера мотора, при этом менее мощные моторы имеют большие относительные пусковой и импульсный токи.

При пуске прямой подачей напряжения стартовый крутящий момент также весьма велик и в большинстве случаев больше необходимого. Крутящий момент эквивалентен силе, а чрезмерные усилия ведут к ненужным перегрузкам трансмиссии и приводимых механизмов. Тем не менее есть ситуации, когда этот метод пуска прекрасно работает и более того, является единственно возможным.



Крутящий момент / скорость при пуске прямой подачей напряжения

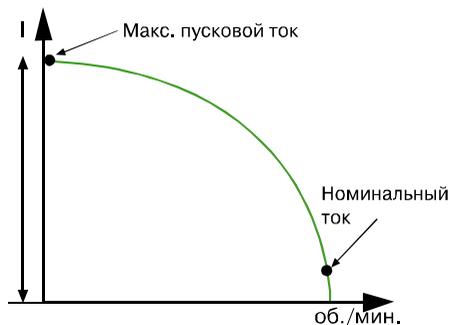


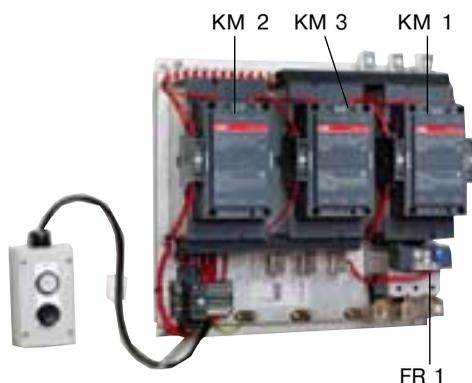
График тока при пуске прямой подачей напряжения

Пуск переключением соединения звезда-треугольник

Этот метод пуска уменьшает пусковой ток и стартовый крутящий момент. Пусковое устройство обычно состоит из трех контакторов, реле перегрузки и таймера, задающего время нахождения в состоянии соединения звездой (пусковое положение). Мотор должен в нормальном режиме работы иметь соединение треугольником, чтобы этот метод мог использоваться.

В этом случае пусковой ток составляет около 30 % от пускового тока, возникающего при пуске прямой подачей напряжения, а стартовый крутящий момент будет на 25 % меньше стартового крутящего момента, возникающего при пуске прямой подачей напряжения. Этот способ пуска применим только при небольшой нагрузке со стороны приводимого механизма во время пуска. Если мотор сильно нагружен, крутящий момент может оказаться недостаточным для разгона мотора до скорости, при которой будет производиться переключение на треугольник.

Например, при пуске насосов или вентиляторов крутящий момент невысок в начале работы и возрастает пропорционально квадрату скорости. При достижении примерно 80-85 % от номинальной скорости мотора крутящий момент нагрузки будет равен крутящему моменту мотора и разгон прекратится. Для достижения номинальной скорости необходимо переключение на треугольник, что зачастую приводит к возникновению пиковых нагрузок в трансмиссии и пиковых токов. В некоторых случаях, пиковый ток может даже превысить пусковой ток, возникающий при пуске прямой подачей напряжения. Если же в момент запуска крутящий момент нагрузки превышает 50 % от номинального крутящего момента мотора, запуск с помощью переключения соединения звезда-треугольник становится невозможным.



Система пуска переключением звезда-треугольник с контакторами и реле перегрузки

- KM 1 Главный контактор
- KM 2 Контактор соединения треугольником
- KM 3 Контактор соединения звездой
- FR 1 Реле перегрузки

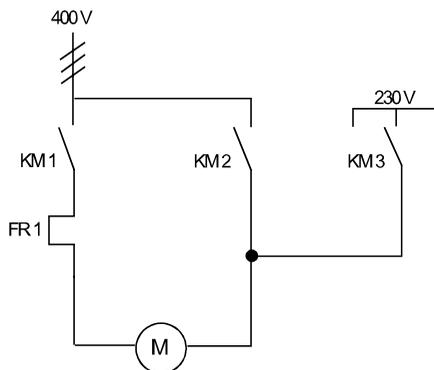
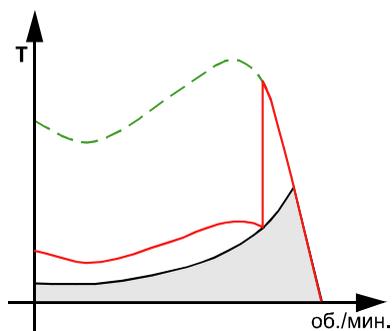


Схема одной линии системы пуска переключением звезда-треугольник



Графики крутящего момента / тока при пуске переключением звезда-треугольник

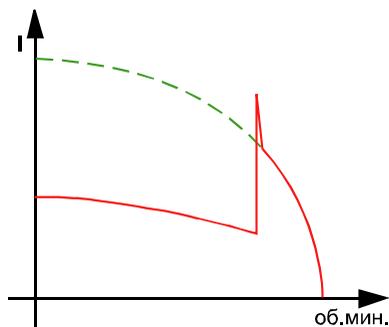


График тока при пуске переключением звезда-треугольник

Преобразователь частоты

Преобразователи частоты иногда называют VSD (Привод переменной скорости), VFD (Привод переменной частоты) или просто приводы, что, вероятно, является наиболее употребительным названием.

Привод состоит из двух основных блоков. Первый преобразует напряжение переменного тока (50 или 60 Гц) в постоянный ток, а второй преобразует напряжение постоянного тока обратно в переменное, но с регулируемой частотой 0-250 Гц. Поскольку скорость работы мотора зависит от частоты, это позволяет управлять скоростью работы мотора путем изменения частоты напряжения на выходе привода, что является большим преимуществом, если во время работы мотора требуется регулировка скорости.

В большинстве случаев, привод используется только для пуска и остановки мотора, несмотря на то, что скорость мотора не нуж-

но регулировать во время обычной работы. Безусловно, это требует использования более дорогого оборудования, чем необходимо.

За счет управления частотой, номинальный крутящий момент может быть достигнут на низкой скорости, при этом пусковой ток составляет 1 - 1.5 от номинального тока мотора. Другой полезной функцией является мягкая остановка, которая очень полезна, например, для остановки насосов, когда при обычной остановке может возникнуть проблема водяного удара в трубопроводе. Функция мягкой остановки также полезна при остановке ленточных конвейеров при транспортировке хрупких материалов, которые могут быть повреждены при резкой остановке ленты.

Как правило вместе с приводом устанавливаются фильтры, чтобы уменьшить уровень излучений и генерируемых гармоник.



Преобразователь частоты



Схема одной линии при использовании преобразователя частоты

Система плавного пуска

Система плавного пуска имеет характеристики, отличающиеся от остальных методов пуска. Она содержит тиристоры в основном контуре, а напряжение на моторе регулируется с помощью электронной печатной платы. В основе работы системы плавного пуска лежит тот принцип, что при малом напряжении на моторе пусковой ток и крутящий момент также малы.

На первом этапе запуска напряжение, подаваемое на мотор настолько мало, что позволяет только выбрать зазоры в редукторах или натянуть приводные ремни или цепи. Другими словами, это позволяет избежать ненужных рывков при пуске.

Постепенно напряжение и крутящий момент возрастают и механизмы начинают разгоняться.

Одним из преимуществ этого метода пуска является возможность точной регулировки крутящего момента, независимо от того, есть



Система плавного пуска

ли нагрузка приводимого механизма. В принципе, можно достичь полного стартового крутящего момента, однако существенным отличием является более бережное отношение к приводимому механизму, что в результате выражается в снижении затрат на техническое обслуживание.

Другой функцией системы мягкого пуска является мягкая остановка, которая весьма полезна при остановке насосов, если при использовании систем пуска с переключением звезда-треугольник или прямой подачи напряжения возникают ударные нагрузки в трубопроводах.

Функция мягкой остановки также может использоваться при остановке ремней конвейеров для предохранения материалов от повреждений, которые могут возникнуть при резкой остановке ленты.

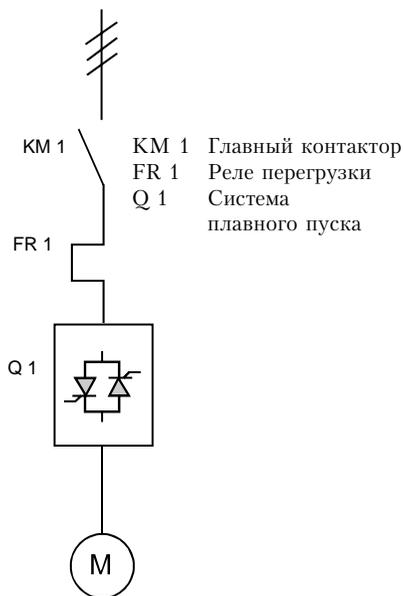


Схема одной линии при использовании системы плавного пуска

Общие проблемы при старте и остановке моторов с использованием различных методов пуска

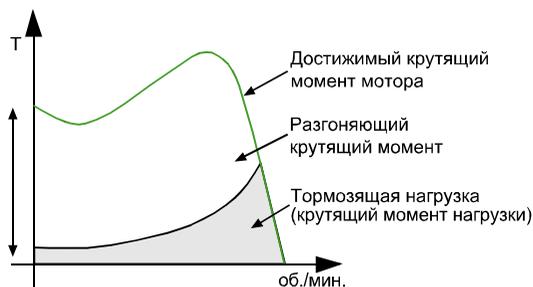
Проблема	Метод пуска			
	Прямой вкл.	Звезда-треуг.	Приводы	Плавный пуск
Проскальзывание ремней и износ подшипников	Есть	Средний	Нет	Нет
Большой пусковой ток	Есть	Нет	Нет	Нет
Большой износ и трение в редукторах	Есть	Есть (пуск под нагр.)	Нет	Нет
Повреждение изделий во время остановки	Есть	Есть	Нет	Нет
Гидравлический удар в трубах при остановке	Есть	Есть	Лучшее решение	Минимальный
Пиковые нагрузки в трансмиссии	Есть	Есть	Нет	Нет

Автотрансформаторный пуск и пуск с включением части обмотки мотора имеют те же проблемы, что и пуск с переключением звезда-треугольник.

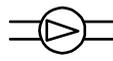
Различные области применения

Все моторы используются для пуска и работы различных механизмов. В этой главе описываются только самые распространенные из них. Различные механизмы создают различные условия нагрузки на мотор. Во внимание следует принимать два фактора:

1. Тормозящий крутящий момент нагрузки, прямое тормозное усилие на валу мотора. Чтобы иметь возможность разгона, мотор должен преодолевать сопротивление нагрузки. Разгоняющий крутящий момент - это разница между достижимым крутящим моментом мотора и моментом сопротивления нагрузки. Разгоняющий крутящий момент = Достижимый крутящий момент мотора – момент сопротивления нагрузки
2. Вносимый момент инерции или масса маховика также будут влиять на условия пуска.
Чем больше инерция, тем больше время пуска того же мотора.



Центробежный вентилятор



Центробежный насос

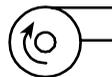


Компрессор



Лента конвейера

Центробежный вентилятор

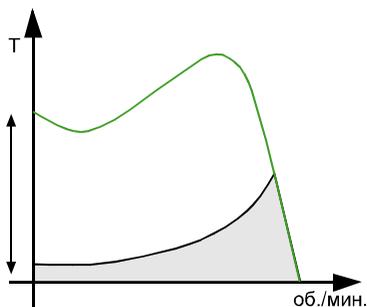


В некоторых случаях, мотор начинает работать с пониженным крутящим моментом нагрузки, т.е. происходит пуск без нагрузки. Большие центробежные вентиляторы обычно включаются при закрытых заслонках и это упрощает процесс пуска (ускоряет его), но поскольку момент инерции все равно присутствует, время пуска может быть достаточно большим.

Пуск прямой подачей напряжения

Центробежные вентиляторы очень часто приводятся от одного или нескольких приводных ремней. При пуске прямой подачей напряжения эти ремни имеют свойство проскальзывать. Причиной этого является наличие большего или меньшего момента инерции (большие крыльчатки). Поэтому даже если вентилятор

включается без нагрузки, крыльчатка все равно присутствует. Проскальзывание ремней возникает, когда стартовый крутящий момент мотора слишком велик и ремни не справляются с передачей этих усилий. Это типичная проблема, которая не только приводит к значительным эксплуатационным расходам, но и к производственным потерям, поскольку вы должны останавливать производство на время замены ремней и подшипников.



Графики крутящего момента / скорости при пуске прямой подачей напряжения

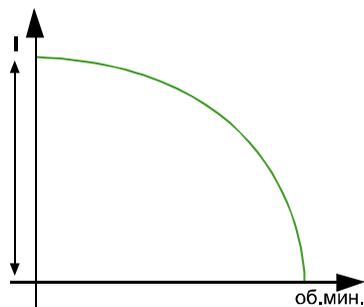
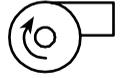


График тока при пуске прямой подачей напряжения



Пуск переключением звезда-треугольник (Y-D)

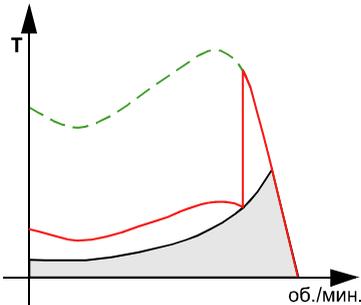
Пуск переключением звезда-треугольник обеспечивает пониженный стартовый крутящий момент, однако с учетом того, что крутящий момент нагрузки пропорционален квадрату скорости, крутящий момент нагрузки при включении звездой будет недостаточен для разгона вентилятора до номинальной скорости.

При переключении на треугольник возникает как пиковая нагрузка в трансмиссии, так и пиковый ток, зачастую равный или даже превышающие значения, возникающие при пуске прямой подачей напряжения, что приводит к проскальзыванию ремней.

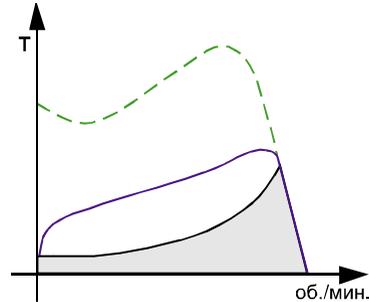
Можно уменьшить проскальзывание за счет сильного натяжения ремня. Однако это приведет к большой механической нагрузке на подшипники как мотора, так и вентилятора, что в результате повлечет большие расходы на ремонт.

Система мягкого старта

Ключом к решению этих проблем является уменьшение стартового крутящего момента мотора в процессе пуска. Используя систему мягкого пуска АВВ, можно уменьшить напряжение в начале процесса пуска, чтобы оно было достаточно низким и возникало проскальзывания ремней, но в то же время достаточно высоким для начала раскрутки вентилятора. Система мягкого старта позволяет приспособиться к любым условиям пуска, как без нагрузки, так и под полной нагрузкой.



Графики крутящего момента / скорости для пуска переключением звезда-треугольник



Графики крутящего момента / скорости для пуска системой мягкого старта

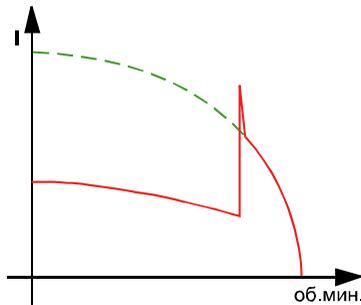


График тока для пуска переключением звезда-треугольник

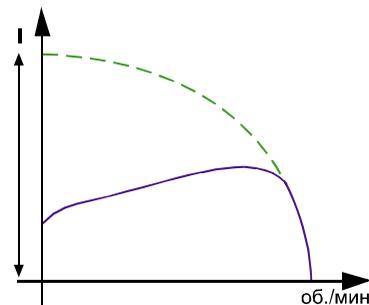
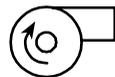


График тока для пуска системой мягкого старта



Выбор системы плавного пуска

Нормальный пуск

Для вентиляторов с небольшой или средней крыльчаткой выбирайте систему плавного пуска, соответствующую номинальной мощности мотора.

Это справедливо, если время пуска прямой подачей напряжения меньше 5 секунд.

Пуск под большой нагрузкой

Для вентиляторов с большой крыльчаткой выбирайте систему мягкого пуска, разработанную для пуска под большой нагрузкой, соответствующую номинальной мощности мотора. Можно также использовать обычную систему плавного пуска, рассчитанную на один размер больше, чем номинальная мощность мотора, и реле перегрузки класса 30.

Это справедливо, если время пуска прямой подачей напряжения больше 5 секунд.

Основные рекомендуемые настройки:

Время процесса включения: 10 сек.

Время процесса остановки: 0 сек.

Начальное напряжение: 30 %

Рекомендуется использование ограничения тока.



Использование с центробежным вентилятором



Существуют самые разные типы насосов: поршневые насосы, центробежные насосы, турбинные насосы и др. Однако наиболее распространенными являются центробежные насосы и мы выбрали их для нашего описания.

Пуск прямой подачей напряжения

Пуск насоса обычно не представляет проблем при использовании моторов с короткозамкнутым ротором. Проблема заключается в износе и прорывах, возникающих вследствие формирования волн давления в трубопроводе при слишком быстром старте или остановке мотора. При пуске прямой подачей напряжения мотор имеет слишком большой стартовый крутящий момент и достигает номинальной скорости слишком быстро. Причиной этого является то, что момент сопротивления нагрузки со стороны насоса слишком мал при пуске. Этот способ пуска также вызывает максимальные пусковые токи.

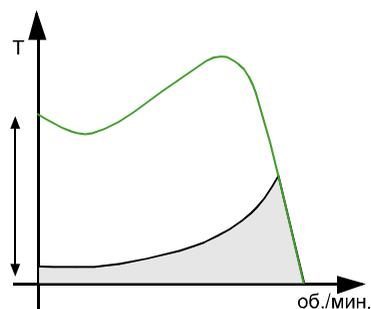


График крутящего момента / скорости при пуске прямой подачей напряжения

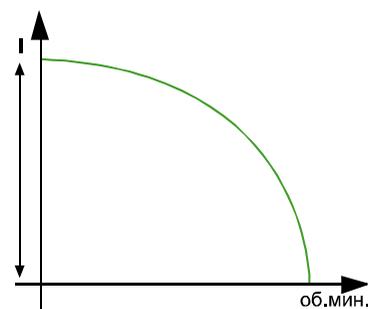
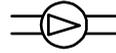


График тока при пуске прямой подачей напряжения



Пуск переключением звезда-треугольник (Y-D)

Используя пуск переключением звезда-треугольник можно уменьшить стартовый крутящий момент. Крутящий момент мотора при включении звездой слишком мал, чтобы завершить пуск и достичь номинальной скорости.

Квадратично возрастающий крутящий момент нагрузки становится слишком велик для мотора, когда скорость достигает примерно 80-85 % от номинальной, а переключение на треугольник в этот момент приводит к пиковым нагрузкам в трансмиссии и пиковым токам с образованием волн давления, которые сравнимы со значениями, возникающими при пуске прямой подачей напряжения, или даже превосходят их.

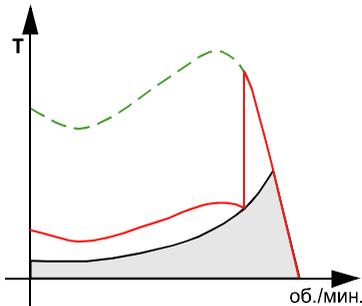


График крутящего момента / скорости при пуске переключением звезда-треугольник

При остановке насоса

При остановке насоса также возникают проблемы. При выполнении прямой остановки путем снятия напряжения питания с мотора, мотор останавливается слишком быстро. Из-за большого потока массы в трубопроводе, вода продолжает двигаться некоторое время с той же скоростью и затем возвращается назад, навстречу потоку. Это вызывает значительные всплески давления и оказывает большие механические перегрузки в трубопроводе.

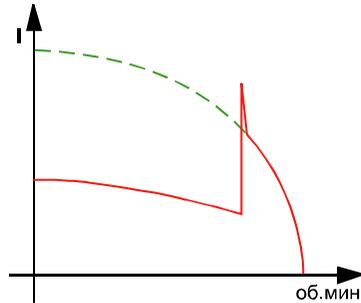
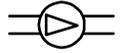


График тока при пуске переключением звезда-треугольник



Система плавного пуска

Используя систему плавного пуска АВВ, можно уменьшить напряжение в процессе запуска, что приводит к снижению крутящего момента мотора. В процессе запуска система плавного пуска будет увеличивать напряжение таким образом, что мотор будет иметь мощность, достаточную для раскручивания насоса до номинальной скорости без образования пиковых выбросов в крутящем моменте или токе. Нормальный стартовый ток, обеспечиваемый системой плавного пуска при полностью нагруженном центробежном насосе примерно в 4 раза больше номинального тока мотора.

При этом в процессе остановки система плавного пуска также решает многие проблемы. Система плавного пуска плавно уменьшает напряжение в процессе остановки и мотор становится все слабее и слабее. Благодаря этому, скорость тока воды уменьшается очень плавно без образования волн давления.

Некоторые системы плавного пуска имеют специальную функцию, называющуюся «пониженное напряжение», которая позволяет устанавливать нужное значение напряжения для насоса того или иного типа.

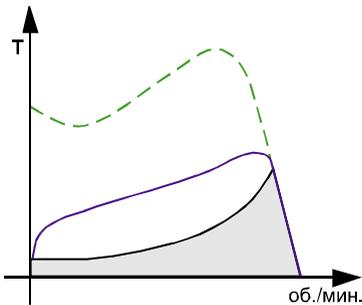


График крутящего момента / скорости при использовании системы плавного пуска

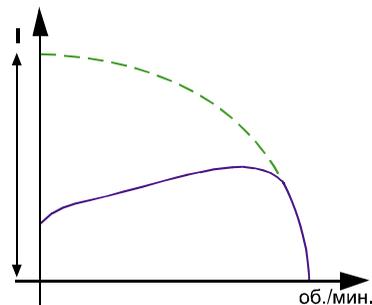


График тока при использовании системы плавного пуска



Выбор системы плавного пуска

Нормальный старт

Пуск насоса в условиях обычного старта. Выбирайте систему плавного пуска, соответствующую номинальной мощности мотора.

Старт под большой нагрузкой

Не применяется в этих условиях.

Основные рекомендуемые настройки:

Время процесса включения: 10 сек.

Время процесса остановки: 20 сек.

Начальное напряжение: 30 %



Использование в системах насосов



Небольшие компрессоры обычно имеют поршневой тип, в которых крутящий момент нагрузки возрастает пропорционально скорости. Турбинные компрессоры часто используются в системах, где требуется создать большой поток воздуха. В компрессорах этого типа крутящий момент нагрузки пропорционален квадрату скорости.

Для связи мотора с компрессором часто используются приводные ремни, однако и шестеренчатое прямое соединение является также широко используемым. Некоторые компрессоры включаются при пониженной нагрузке.

Пуск прямой подачей напряжения

Компрессоры, включаемые прямой подачей напряжения подвергаются значительным механическим перегрузкам как самого компрессора, так и приводных ремней или других соединений, результатом является

снижение срока службы. При использовании приводных ремней часто во время старта возникают проскальзывания. Большой стартовый крутящий момент, возникающий во время пуска этим способом, является источником проблем. Пусковой ток при пуске прямой подачей напряжения всегда высок. Обычно он в 7 раз превосходит номинальный ток мотора.

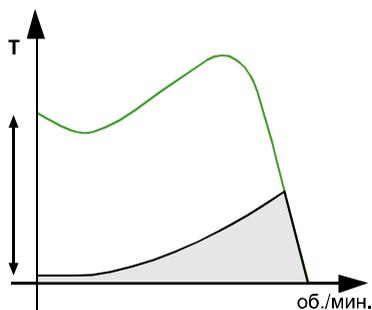


График крутящего момента / скорости при пуске прямой подачей напряжения

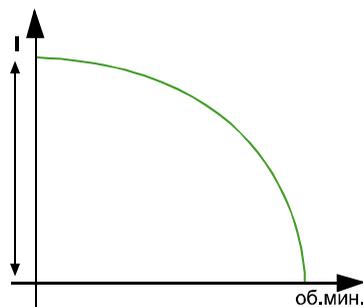
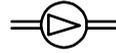


График тока при пуске прямой подачей напряжения



Пуск переключением звезда-треугольник (Y-D)

Пуск переключением звезда-треугольник обеспечивает пониженное значение стартового крутящего момента и пускового тока, однако мощности мотора недостаточно, чтобы раскрутить его до номинальной скорости. При переключении на треугольник, возникают пиковые ток и крутящий момент, что приводит к значительным механическим перегрузкам.

Компрессоры часто работают без нагрузки в течение достаточно длительного времени, когда давление в системе достаточно высоко. Мотор, работающий в таких условиях, имеет малый коэффициент мощности и низкий к.п.д. Иногда эти значения настолько малы, что требуется специальная компенсация.

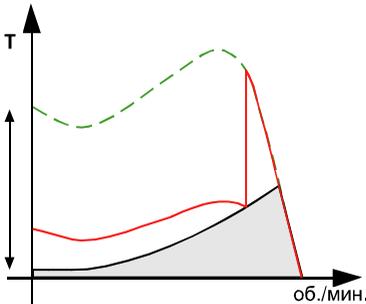


График крутящего момента / скорости при пуске переключением звезда-треугольник

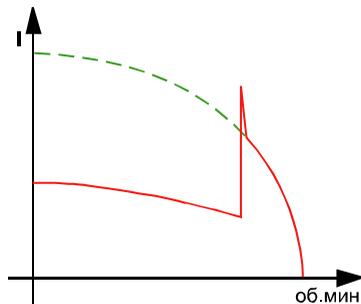
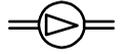


График тока при пуске переключением звезда-треугольник



Система плавного пуска

С помощью системы плавного пуска АВВ можно уменьшить стартовый крутящий момент до уровня, необходимого при любом применении. Результатом является снижение перегрузок на сочленениях, подшипниках и отсутствие проскальзываний приводных ремней в процессе пуска. Расходы на ремонт сводятся к минимуму. При использовании системы плавного пуска, пусковой ток примерно в 3–4 раза превышает номинальный ток мотора.

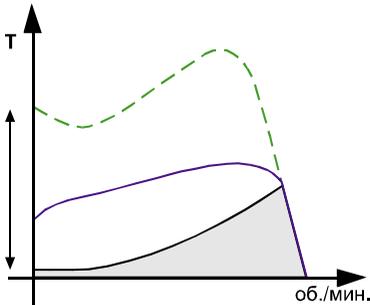


График крутящего момента / скорости при использовании системы плавного пуска

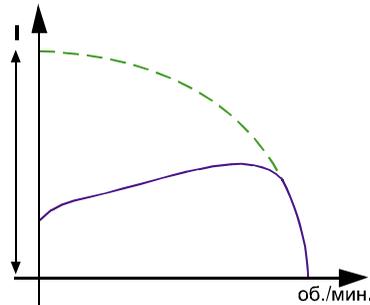
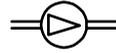


График тока при использовании системы плавного пуска



Выбор системы плавного пуска

Нормальный пуск

Для компрессоров с временем пуска прямой подачей напряжения менее 5 секунд выберите систему мягкого пуска, соответствующую номинальной мощности мотора.

Пуск под большой нагрузкой

Для компрессоров с временем пуска прямой подачей напряжения более 5 секунд выберите систему мягкого пуска для пуска под большой нагрузкой, соответствующую номинальной мощности мотора.

Можно также использовать обычную систему плавного пуска, рассчитанную на один размер больше номинальной мощности мотора, и реле перегрузки класса 30.

Основные рекомендуемые настройки:

Время процесса включения: 10 сек.

Время процесса выключения: 0 сек.

Начальное напряжение:

30 % (поршневой компрессор)

40 % (турбинный компрессор)



Использование с компрессорами



Ленточные конвейеры имеют множество модификаций и областей применения. Обычно они создают постоянный крутящий момент нагрузки, при этом момент сопротивления будет зависеть от загруженности конвейера.

Пуск прямой подачей напряжения

Ленточные конвейеры требуют стартового крутящего момента равного или несколько превышающего номинальный крутящий момент мотора. Пуск прямой подачей напряжения на мотор с короткозамкнутым ротором происходит со стартовым крутящим моментом примерно в 1.5 - 2.5 раза превышающим номинальный крутящий момент мотора, в зависимости от мощности мотора, его типа и пр.

При пуске прямой подачей напряжения существует большой риск проскальзывания между лентой и ведущим роликом из-за повышенного стартового крутящего момента.

Редукторы и шарниры также подвергаются значительным механическим перегрузкам. Это приводит к значительному износу и поломкам, что требует больших затрат на ремонт. Иногда для снижения стартового крутящего момента используются гидравлические демпферы. Эти устройства весьма дороги и требуют сложного технического обслуживания.

Малый момент сопротивления

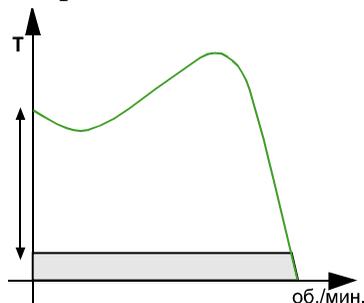


График крутящего момента / скорости при пуске прямой подачей напряжения

Большой момент сопротивления

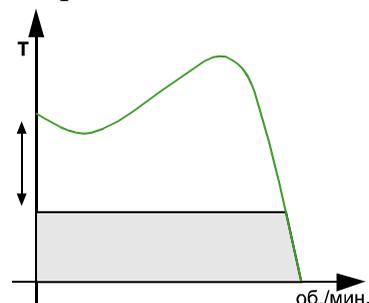


График крутящего момента / скорости при пуске прямой подачей напряжения

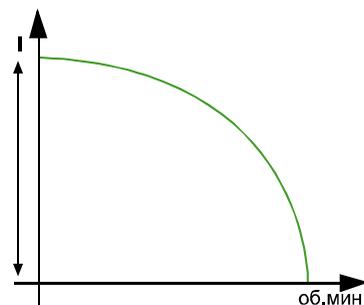


График тока при пуске прямой подачей напряжения

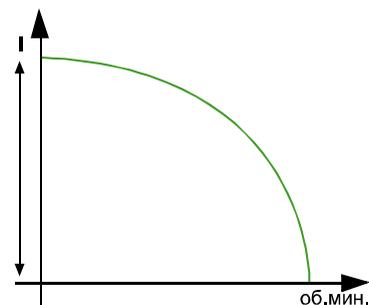
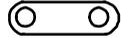


График тока при пуске прямой подачей напряжения



Пуск переключением звезда-треугольник

Этот метод не может использоваться, когда момент сопротивления нагрузки близок к номинальному крутящему моменту мотора во время пуска (см. рисунок ниже, «Большой момент сопротивления»).

Малый момент сопротивления

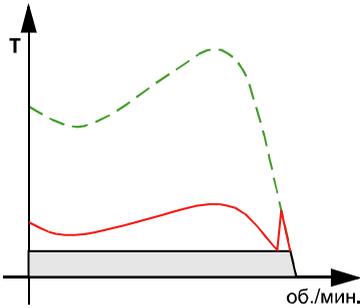


График крутящего момента / скорости при пуске переключением звезда-треугольник

Большой момент сопротивления

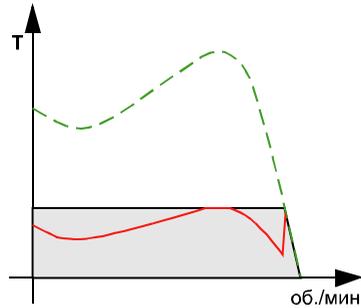


График крутящего момента / скорости при пуске переключением звезда-треугольник

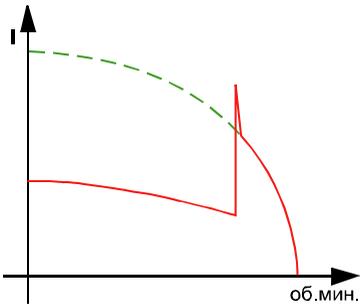


График тока при пуске переключением звезда-треугольник

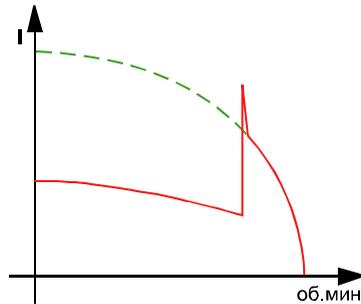
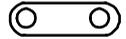


График тока при пуске переключением звезда-треугольник



Система плавного пуска

Используя систему плавного пуска АВВ, стартовый крутящий момент может быть уменьшен до минимального значения, способного запустить ленту конвейера. Параметры настройки системы плавного пуска позволяют настроить крутящий момент так, чтобы он точно соответствовал значению, необходимому для пуска конвейера.

В результате минимизируется нагрузка на редукторы и соединения и предотвращается проскальзывание ремней в процессе пуска. Это минимизирует эксплуатационные расходы. При использовании системы плавного пуска пусковой ток будет примерно в 3–4 раза выше номинального тока мотора.

Малый момент сопротивления

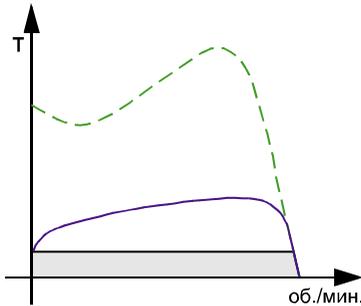


График крутящего момента / скорости при пуске системой плавного пуска

Большой момент сопротивления

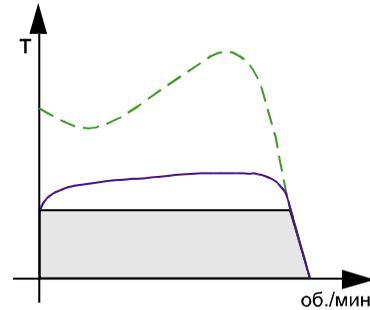


График крутящего момента / скорости при пуске системой плавного пуска

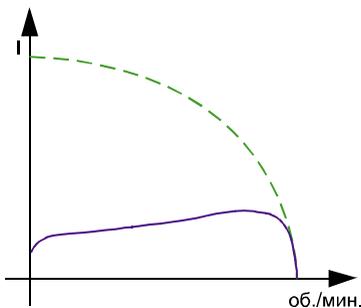


График тока при пуске системой плавного пуска

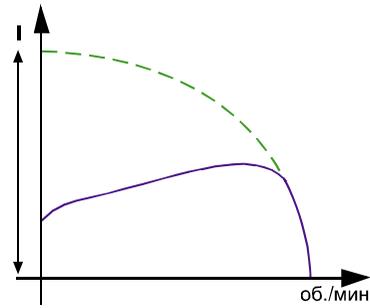


График тока при пуске системой плавного пуска



Выбор системы плавного пуска

Нормальный пуск

Пуск короткого и мало нагруженного конвейера обычно является нормальным пуском. Для конвейеров с временем пуска прямой подачей напряжения менее 5 секунд выберите систему мягкого пуска, соответствующую номинальной мощности мотора.

Пуск под большой нагрузкой

В некоторых случаях ленты конвейера могут быть очень длинными, а если во время старта они будут полностью загруженными, время пуска будет весьма велико. В этих случаях следует выбирать систему плавного пуска для пуска под большой нагрузкой. Кроме того, можно пользоваться обычной системой плавного пуска, но выбранной на один размер больше, чем номинальная мощность мотора, и реле перегрузки класса 30.

Основные рекомендуемые настройки:

Время процесса включения: 10 сек.
Время процесса остановки: 0 сек.
(При работе с хрупкими материалами, задавайте 10 секунд)
Начальное напряжение: 40 %



Application with a conveyor belt

Как выбрать систему плавного пуска для разных применений

Как правило, выбор системы плавного пуска производится исходя из номинальной мощности мотора. В некоторых случаях необходимо выбрать более мощную систему, чем номинальная мощность мотора, исходя из условий пуска (пуск под большой нагрузкой, много пусков в час и др.) Пусковые возможности системы плавного пуска во многом зависят от мощности тиристоров и отвода тепла.

Приведенная ниже таблица может использоваться в качестве руководства по выбору системы мягкого пуска, в том случае если вам нужен быстрый ответ и вы хотите быть уверены, что мощность системы достаточна для данного применения. Этот выбор не будет полностью оптимальным.

Если вам требуется оптимальное решение, вы можете воспользоваться программой выбора системы плавного пуска "ProSoft", имеющейся на сайте www.abb.com/lowvoltage.

Краткое руководство

Нормальный пуск

Типовое применение

- » Поворотный привод
- » Компрессор
- » Лифт
- » Центробежный насос
- » Ленточный конвейер (короткий)
- » Эскалатор

Выбор

Выберите систему плавного пуска исходя из номинальной мощности мотора.
Для устройств со встроенной защитой выбирайте класс срабатывания 10.

Пуск под большой нагрузкой

Типовое применение

- » Центробежный вентилятор
- » Измельчитель
- » Миксер
- » Ленточный конвейер (длинный)
- » Мельница
- » Смеситель

Выбор

Для обычных систем плавного пуска выбирайте на один размер больше, чем номинальная мощность мотора.
Для систем плавного пуска, предназначенных для пуска под большой нагрузкой, выбирайте систему исходя из номинальной мощности мотора.
Для устройств со встроенной защитой выбирайте класс срабатывания 30.

Если предполагается больше 6 пусков в час, выберите устройство на один размер больше указанного выше.

Описание систем плавного пуска

- Конструкция, настройки и сигналы

Система плавного пуска состоит, как правило, из нескольких основных элементов, таких как электронная плата (PCB), радиатор, тиристоры, вентиляторы и корпус (пластмассовый или металлический).

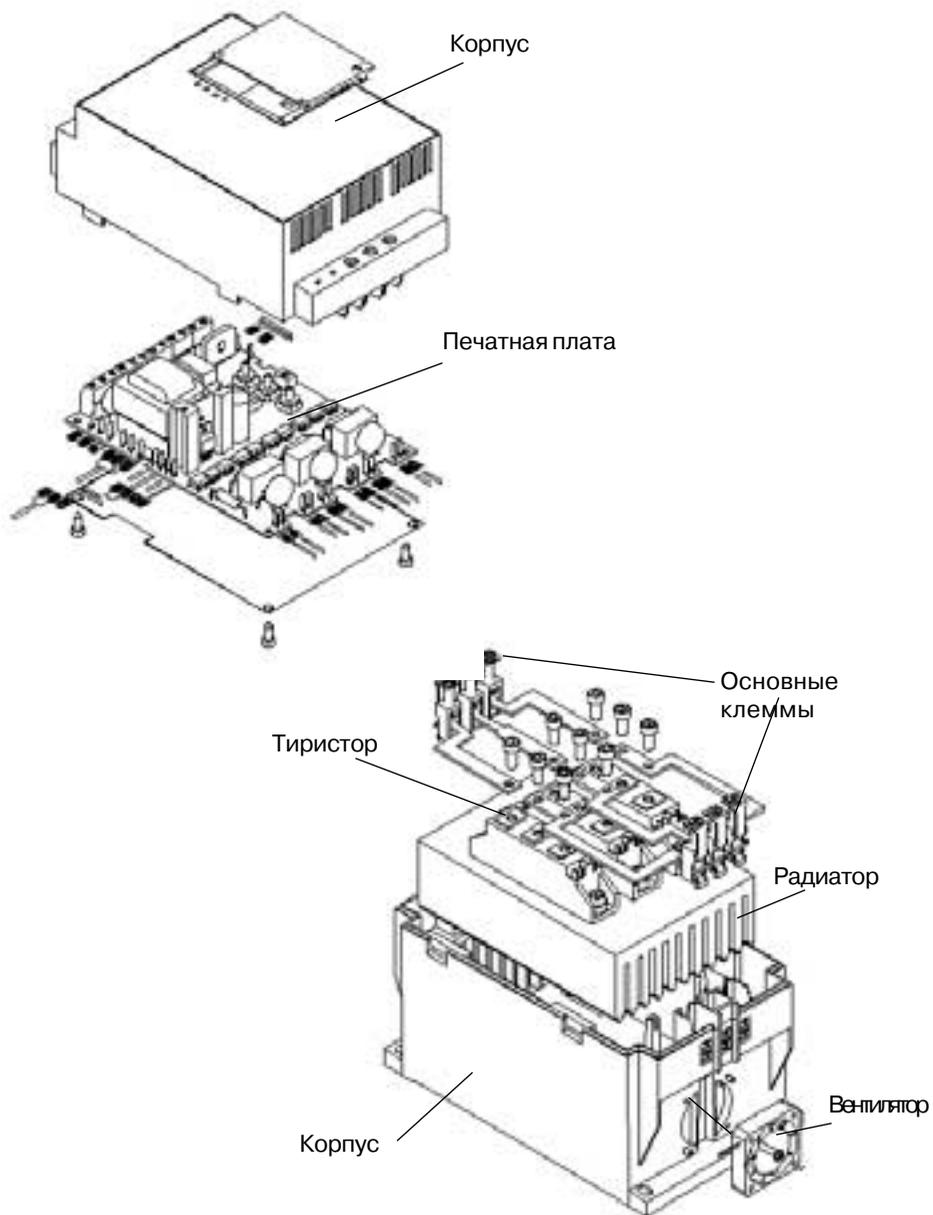
Система управления может быть цифровой, аналоговой или комбинированной. Реле выходных сигналов могут иметь фиксированные функции или программироваться, в этом случае функция выхода выбирается пользователем.

Система плавного пуска может иногда оборудоваться встроенным электронным реле перегрузки (EOL), устанавливаемым вместо обычно используемого биметаллического реле.

Встроенное EOL имеет лучшую точность, по сравнению с обычным реле, поскольку все параметры рассчитываются электронным образом, что особенно полезно при работе в повторно-кратковременном режиме.

Необходимость в обмене данными между различными устройствами в системе и между устройствами и пультом управления постоянно возрастает. Большинство современных систем плавного пуска оборудуются специальным коммуникационным портом, который обычно состоит из нескольких волоконно-оптических кабелей, пришедших на смену более старым решениям, когда требовались сотни и тысячи проводов. Сегодня имеются разнообразные коммуникационные протоколы, некоторые из них более распространены, чем другие. К ним относятся, например, Modbus, Profibus, DeviceNet, Interbus-S, LON Works и др.

Описание различных элементов:



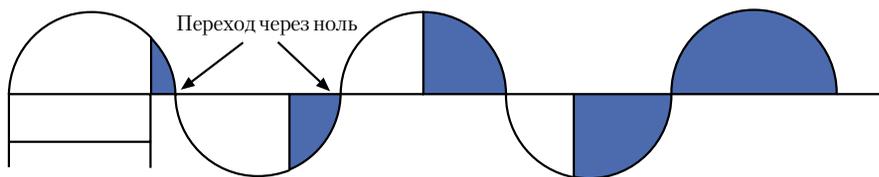
Печатная плата используется для управления открытием тиристоров, на основании значений тока и напряжения, а также для расчета различных величин, например, коэффициента мощности, активной мощности и др. Она также может использоваться для сохранения сведений предыстории и протокола событий, индикаторных трендов и др.

Радиатор используется для отвода тепла из системы плавного пуска, образуемого токами, протекающими при пуске и непрерывной работе системы. Показатели системы теплоотвода во многом определяют пусковые возможности и рабочий ток системы мягкого запуска.

Вентиляторы используются для улучшения работы системы теплоотвода. Один, два или несколько вентиляторов могут устанавливаться в зависимости от мощности и конструкции системы. Некоторые небольшие системы мягкого пуска вообще не имеют вентиляторов и количество пусков может из-за этого быть ограничено.

Корпус может изготавливаться из пластмассы или металла или их комбинации. В его задачи входит защита внутренних элементов от механических и электрических повреждений. Он также используется для защиты элементов от пыли и грязи. Для полной защиты от пыли и грязи часто требуется отдельный корпус, поскольку степень защищенности (класс IP) самого устройства невысока.

Тиристоры - это полупроводниковые элементы, включенные встречно-параллельно и установленные в двух или трех фазах цепи электропитания. Они регулируют (путем увеличения или уменьшения) величину напряжения во время отработки процессов пуска и остановки, как показано на рисунке внизу. Во время нормальной работы тиристоры постоянно открыты.



Угол включения

Пуск: Тиристоры пропускают часть напряжения в начале и затем увеличивают его в соответствии с временным графиком, заданным для процесса пуска.

Стоп: Тиристоры сначала полностью открыты, а в процессе остановки уменьшают напряжение в соответствии с временным графиком, заданным для процесса остановки.

Off : Тиристор находится в непроводящем состоянии

Он : Тиристор находится в проводящем состоянии

Основные настройки

В этом разделе приводится краткое описание некоторых основных параметров настройки, имеющихся в большинстве систем плавного пуска. В зависимости от типа системы и производителя, могут быть и другие настраиваемые параметры. Настройки могут выполняться регулировочными потенциометрами, изменением положения DIP-переключателей, с помощью клавиатуры, компьютера и т. п.

Время процесса включения -

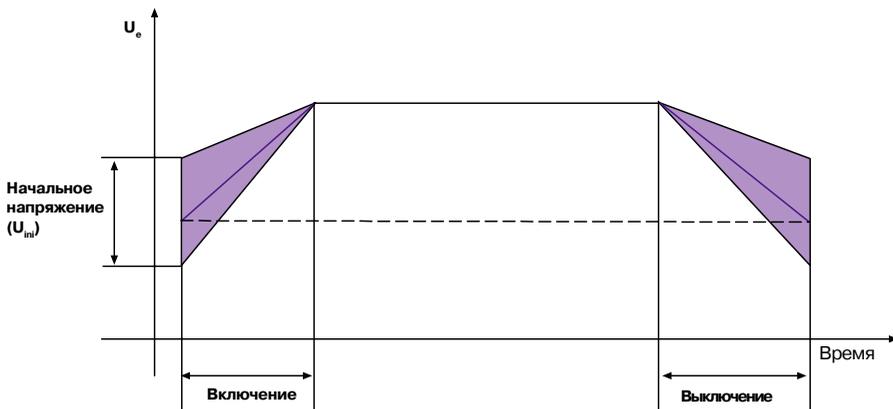
это время, за которое система плавного пуска увеличит напряжение на выходе от начального до полного. Время включения не должно быть слишком большим, поскольку это приведет только к ненужному перегреву мотора и срабатыванию защитного реле. Если мотор не нагружен, время пуска мотора, возможно, окажется меньше заданного, а если мотор сильно нагружен, время пуска, возможно, окажется больше.

Время процесса выключения

- используется, когда необходима плавная остановка мотора, например, при работе с насосами или ленточными конвейерами. Время выключения - это время, за которое напряжение на выходе системы снизится от полного до напряжения остановки (начального напряжения). Если время остановки равно нулю, это будет эквивалентно прямой остановке.

Начальное напряжение.

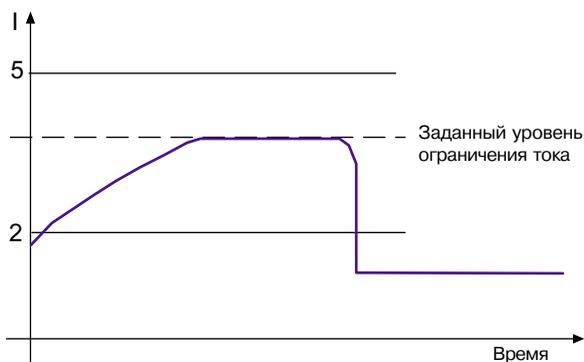
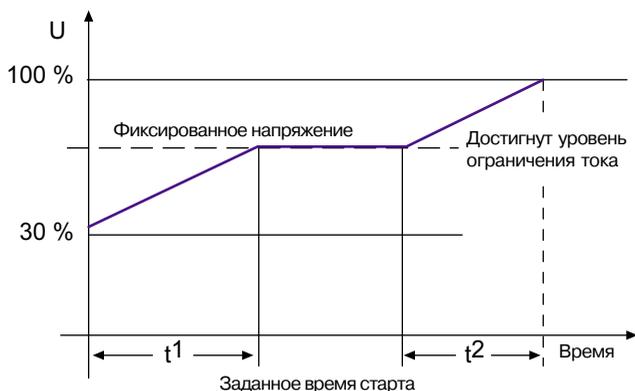
Иногда называется напряжением или крутящим моментом подставки. Это точка, в которой система мягкого пуска начинает или завершает процесс включения или выключения. Крутящий момент мотора будет уменьшаться пропорционально квадрату напряжения и, если напряжение задано слишком малым, например 20 %, стартовый крутящий момент будет равен только $0.2^2 = 0.04 = 4 \%$, и мотор не начнет вращаться в самом начале процесса включения. Поэтому очень важно находить такой уровень, при котором мотор начнет сразу работать, чтобы избежать ненужного перегрева.



Схема, показывающая процесс включения, выключения и начальное напряжение

Ограничение тока может использоваться в тех случаях, когда требуется ограничение пускового тока или при пуске под большой нагрузкой, когда трудно обеспечить хороший старт заданием только начального напряжения и времени включения. При достижении предела ограничения тока система плавного пуска временно прекратит увеличение напряжения, пока ток не снизится ниже заданного предела, после чего процесс увеличения напряжения возобновится до достижения полного напряжения.

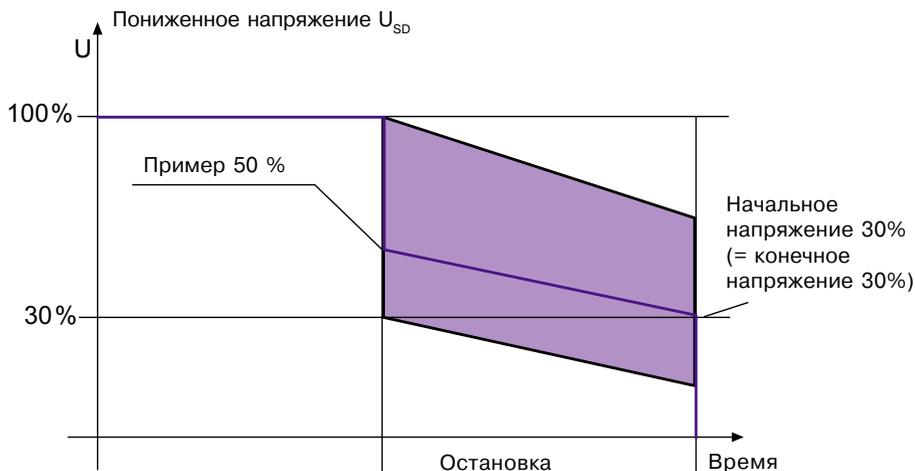
Эта функция имеется не во всех системах плавного пуска.



Функция ограничения тока при использовании системы плавного пуска

Пониженное напряжение задает специальный тип процесса остановки. Напряжение может быть снижено до уровня, при котором скорость мотора при подаче команды остановки сразу начнет уменьшаться. Для мало нагруженных моторов скорость не начнет снижаться, пока напряжение не опустится до достаточно низкого уровня, в то же время функция пониженного напряжения позволяет устранить этот эффект, что особо полезно при остановке насосов.

Регулируемый номинальный ток мотора позволяет задать в системе плавного пуска значение номинального тока мотора, с которым работает система плавного пуска. Эта настройка может повлиять на другие параметры, такие как уровень срабатывания электронного реле перегрузки, уровень ограничения тока и др.



График, иллюстрирующий работу функции понижения напряжения

Индикация

Средства индикации в системах плавного пуска существенно различаются в системах разного типа и у разных производителей. Ниже приведены наиболее часто встречающиеся индикаторы.

Включен обычно обозначает, что напряжение питания подано на систему плавного пуска и устройство готово к пуску мотора.

Рабочий уровень обозначает, что процесс пуска завершен и достигнут уровень полного напряжения. Если в системе используется шунтирующий контактор, он будет включен в этот момент времени.

Неисправность может обозначать неисправности разного рода. Например, внутренняя неисправность самой системы плавного пуска, неисправность в системе питания (потеря фазы, перегорание предохранителя и пр.) или мотора (мотор не

подключен, потеря фазы и пр.)

Перегрузка означает срабатывание системы защиты от перегрузки. Причиной может быть протекание слишком большого тока через мотор, слишком большое время пуска, слишком частые пуски, неправильная настройка порога срабатывания, неправильно выбранный класс защиты от перегрузки или любое сочетание этих причин.

Перегрев означает, что произошел перегрев системы плавного пуска, например, из-за слишком частых пусков, превышения номинального тока, слишком долгого процесса пуска и т. п.

Напряжение

В системах плавного пуска используются разнообразные напряжения. Названия и использование этих напряжений определяются стандартом IEC следующим образом.

Основное напряжение (U_e),

напряжение питания мотора, которое также подается на основной контур (тиристоры) системы плавного пуска. Обычно находится в пределах 200 - 690 В.

Напряжение питания (U_s),

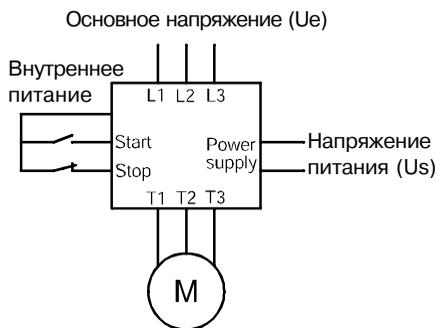
напряжение питания электронных компонентов внутри системы плавного пуска, например, печатной платы.

Обычно находится в пределах 110 - 120 В или 220 - 240 В.

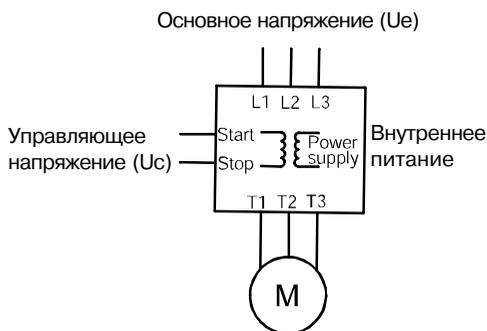
Управляющее напряжение (U_c),

напряжение управления командами пуска и остановки системы плавного пуска.

Находится в пределах 24 - 480 В.



Основное напряжение и напряжение питания системы плавного пуска



Основное напряжение и управляющее напряжение системы плавного пуска

Окружающая температура

Окружающая температура - это усредненная за 24 часа температура окружающей среды системы плавного пуска. Для большинства типов систем плавного пуска, эта температура не может превышать 40 °С без уменьшения рабочего тока устройства.

Максимальная рабочая окружающая температура зависит от системы плавного пуска и должна определяться индивидуально на основании спецификаций производителя.

При использовании систем плавного пуска АВВ при окружающей температуре выше 40 °С, рабочий ток может быть вычислен по следующей формуле:

$$I_e \text{ derated} = I_e - (P \cdot T \times I_e \times 0.008)$$

$I_e \text{ derated}$ = максимально допустимый пониженный рабочий ток

I_e = номинальный ток системы

$P-T$ = разница температур

0.008 = коэффициент понижения

Пример 1

Номинальный ток: 105 А

Окружающая температура: 48 °С

Понижение на 0.8 % на °С для температур выше 40 °С (PS S 18...300)

$$P-T = 48-40 \text{ °С} = 8 \text{ °С}$$

$$\text{Новый ток} = I_e - ((P-T) \times I_e \times 0.008) = 105 - (8 \times 105 \times 0.008) = 98,2 \text{ А}$$

Пример 2

Номинальный ток: 300 А

Окружающая температура: 46 °С

Понижение на 0.8 % на °С для температур выше 40 °С (PS S 18...300)

$$P-T = 46-40 \text{ °С} = 6 \text{ °С}$$

$$\text{Новый ток} = I_e - ((P-T) \times I_e \times 0.008) = 300 - (6 \times 300 \times 0.008) = 285,6 \text{ А}$$

Эксплуатация на больших высотах

Если система плавного пуска используется на больших высотах, номинальный ток устройства должен быть снижен из-за ухудшения условий охлаждения. Для большинства производителей, значения, приведенные в каталогах, действительны до высот 1000м над уровнем моря.

В некоторых случаях, при работе на больших высотах, должны использоваться более мощные системы плавного пуска, чем те, которые требуются исходя из номинального тока мотора.

Для систем плавного пуска АВВ расчет снижения мощности может быть выполнен по формуле:

$$\% \text{ of } I_e = 100 - \frac{x - 1000}{150}$$

x = фактическая высота установки системы

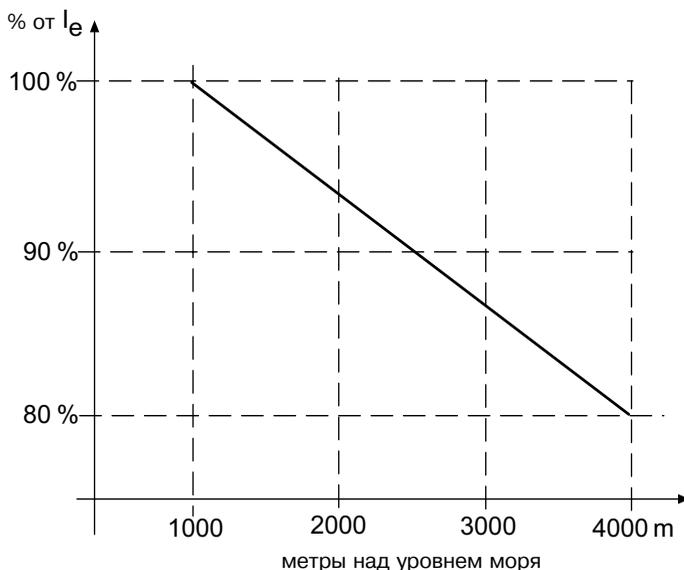
Пример:

Система плавного пуска на номинальный ток 300 А используется на высоте 2500 метров над уровнем моря.

$$\begin{aligned} \% \text{ of } I_e &= 100 - \frac{2500 - 1000}{150} = \\ &= 100 - \frac{1500}{150} = 90 \end{aligned}$$

$$I_e = 300 \times 0.9 = 270 \text{ А}$$

Определение деградации системы плавного пуска может быть выполнено по приведенной ниже номограмме.



Изменение тока мотора на больших высотах

Пуск нескольких моторов

В некоторых системах требуется параллельный или последовательный пуск нескольких моторов с помощью одной системы плавного пуска. Как правило, это возможно, но при этом нужно учитывать ряд факторов.

Параллельный пуск моторов

Если систему плавного пуска предполагается использовать для одновременного пуска нескольких моторов (параллельный пуск), необходимо проверить два важных параметра:

1. Система плавного пуска должна выдерживать суммарный номинальный ток моторов.
2. Система плавного пуска должна выдерживать суммарный пусковой ток моторов, пока не будет достигнута номинальная скорость.

Внимание! Если используется шунтирующий контактор, следует принимать во внимание только п.2.

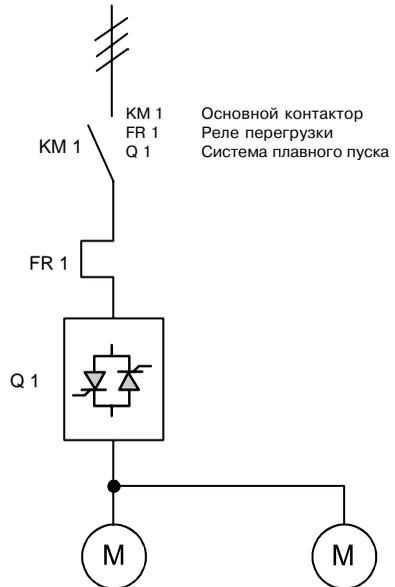
Пример:

Пуск двух моторов с $I_e = 100$ А и относительным пусковым током $4 \times I_e$.

Время пуска 10 секунд.

Суммарный пусковой ток равен $100 \times 4 \times 2 = 800$ А в течение 10 секунд.

Проверьте правильность выбора системы плавного пуска по графику пусковой мощности.



Параллельный пуск моторов с помощью системы плавного пуска

Последовательный пуск моторов

Если система плавного пуска должна поочередно пускать несколько моторов (последовательный пуск), следует убедиться в том, что система может выдержать пусковой ток каждого мотора в процессе всей последовательности запусков.

Пример:

Пуск трех моторов с $I_e = 100$ А и относительным пусковым током $4 \times I_e$.

Время пуска моторов:

Мотор 1 = 5 секунд

Мотор 2 = 10 секунд

Мотор 3 = 8 секунд

Пусковой ток моторов равен

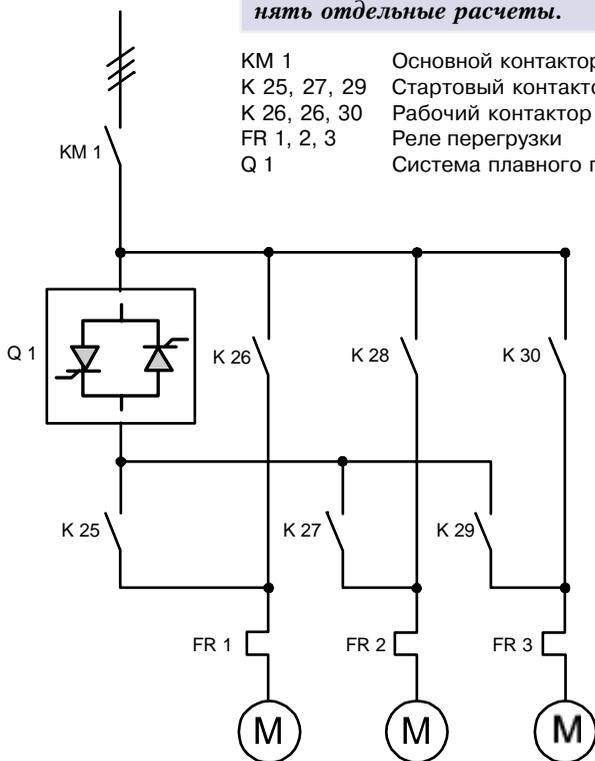
$100 \times 4 = 400$ А и суммарное пусковое

время равно

$5 + 10 + 8 = 23$ секунды.

Проверьте правильность выбора системы плавного пуска по графику пусковой мощности.

Внимание! Если номинальный ток запускаемых моторов различается, нельзя просто суммировать пусковое время. В этом случае следует выполнять отдельные расчеты.

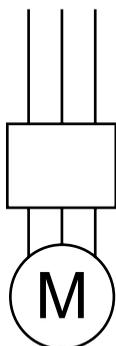


- KM 1 Основной контактор
- K 25, 27, 29 Стартовый контактор
- K 26, 28, 30 Рабочий контактор
- FR 1, 2, 3 Реле перегрузки
- Q 1 Система плавного пуска

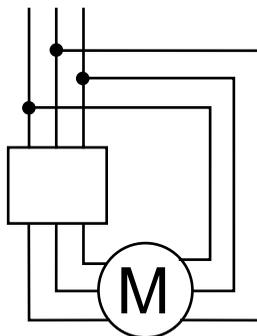
Последовательный пуск моторов с помощью системы плавного пуска

Способы включения системы плавного пуска

Существует два способа включения системы плавного пуска - в линию, являющийся наиболее распространенным методом, и в треугольник. Учтите, что только некоторые системы плавного пуска могут включаться в треугольник (например, система плавного пуска АВВ семейства PS S 18/30...300/515).



В линию



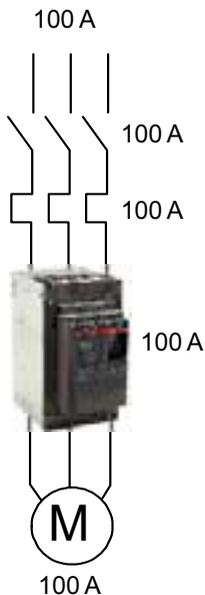
В треугольник

Включение в линию

Это самый простой и широко применяемый способ включения системы плавного пуска. Все три фазы соединяются последовательно через реле перегрузки, главный контактор и остальные устройства используются, как показано на схеме внизу.

Устройства, выбранные для включения в линию, должны выдерживать номинальный ток мотора.

Пример: Для мотора на 100 А требуется система плавного пуска на 100 А, основной контактор на 100 А и т. д.



Система плавного пуска, включенная в линию мотора

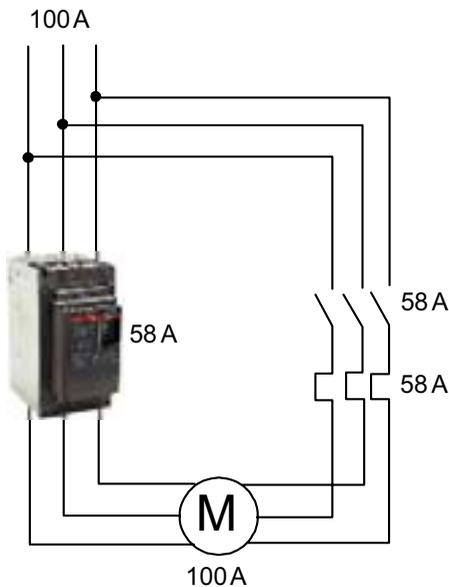
Включение в треугольник

Включение в треугольник позволяет включить систему плавного пуска в соединении треугольником и за счет этого упростить замену ранее установленного устройства пуска переключением звезда-треугольник.

Когда система плавного пуска включена в треугольник, через нее протекает только 58% ($1/\sqrt{3}$) линейного тока. За счет этого можно использовать менее мощные устройства, чтобы снизить себестоимость системы.

Пример: Для мотора на 100 А требуется система плавного пуска на 58 А, главный контактор на 58 А, если он включается в треугольник и т. д.

Мотор, используемый при соединении треугольником, должен иметь соединение треугольником при нормальной работе. В США и некоторых других странах для такого включения должны заказываться специальные шестипроводные моторы.

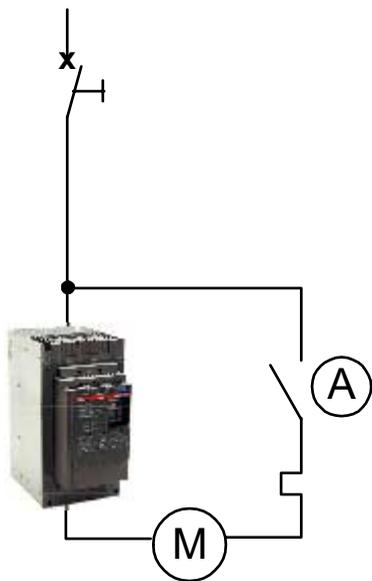


Система плавного пуска, включенная в треугольник

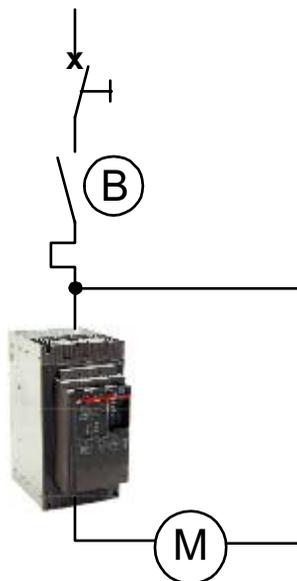
Расположение главного контактора

При использовании системы плавного пуска с включением в треугольник, есть два способа включения главного контактора: в треугольник и снаружи. В обоих случаях будет обеспечиваться остановка мотора, но в первом случае мотор будет оставаться под напряжением.

Во втором случае, главный контактор должен быть рассчитан на номинальный ток мотора, а в первом случае - на 58 % ($1/\sqrt{3}$) от номинального тока мотора.



Вариант А
Главный контактор включен в соединение треугольником



Вариант В
Главный контактор включен вне соединения треугольником

Основные настройки для различных применений

Необходимые настройки системы плавного пуска будут отличаться для различных применений, в зависимости от типа нагрузки, параметров мотора, степени нагрузки на мотор и др.

Более подробное описание параметров настройки приведено в разделе "Описание систем плавного пуска".

Внимание! Все параметры, приведенные на следующей странице, являются только рекомендуемыми и могут изменяться в разных ситуациях, поэтому все они должны проверяться индивидуально.

Параметры настройки систем плавного пуска без использования функции ограничения тока

Вид нагрузки	Время процесса старта (сек.)	Время процесса остановки (сек.)	Начальное напряжение U_{ini}
Поворотный механизм	10	0	30 %
Центробежный вентилятор	10	0	30 %
Центробежный насос	10	20	30 %
Центрифуга	10	0	40 %
Ленточный конвейер	10	0 ¹⁾	40 %
Дробилка	10	0	60 %
Эскалатор	10	0	30 %
Тепловой насос	10	20	30 %
Гидронасос	10	0	30 %
Подъемники	10	10	60 %
Мельница	10	0	60 %
Поршневой компрессор	10	0	30 %
Вращающийся конвертер	10	0	30 %
Скрепер	10	10	40 %
Турбинный компрессор	10	0	40 %
Шнековый конвейер	10	10	40 %
Смеситель, миксер	10	0	60 %
Ненагруженный мотор	10	0	30 %

1) При работе с хрупкими материалами, задавайте равным 10 секундам.

Параметры настройки систем плавного пуска при использовании функции ограничения тока

Вид нагрузки	Время процесса старта (сек.)	Время процесса остановки (сек.)	Нач. напряжение U_{ini}	Огранич. тока (xI_c)
Поворотный механизм	10	0	30 %	3
Центр. вентилятор	10	0	30 %	4
Центробежный насос	10	20	30 %	3.5
Центрифуга	10	0	40 %	4.5
Ленточный конвейер	10	0 ¹⁾	40 %	4
Дробилка	10	0	60 %	5
Эскалатор	10	0	30 %	3.5
Тепловой насос	10	20	30 %	3.5
Гидронасос	10	0	30 %	3.5
Подъемники	10	10	60 %	4
Мельница	10	0	60 %	5
Поршн. компрессор	10	0	30 %	4
Вращ. конвертер	10	0	30 %	3
Скрепер	10	10	40 %	4.5
Турбинный компрессор	10	0	40 %	4
Шнековый конвейер	10	10	40 %	4
Смеситель, миксер	10	0	60 %	5
Ненагруженный мотор	10	0	30 %	2.5

1) При работе с хрупкими материалами, задавайте равным 10 секундам.

Пусковая мощность и защита от перегрузки

Пусковая мощность систем плавного пуска

При пуске моторов с короткозамкнутым ротором всегда возникает пусковой ток (I_{st}), превышающий номинальный ток мотора.

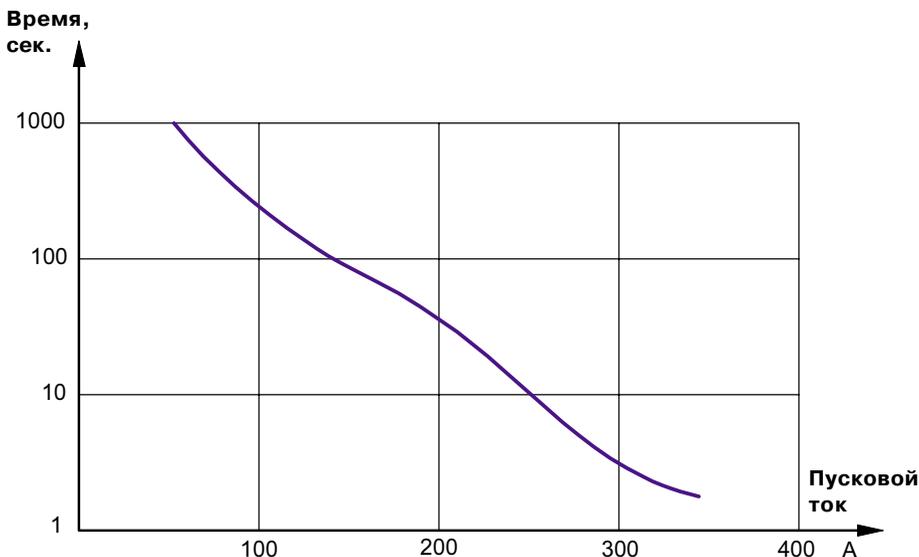
Пусковой ток зависит от способа пуска, а в некоторых случаях и от мощности мотора, в частности, при пуске прямой подачей напряжения.

При использовании систем плавного пуска, пусковой ток обычно в 3-4 раза превышает номинальный ток мотора.

При работе с большими нагрузками обычно требуется пусковой ток, в 4 - 5 раз превышающий номинальный ток мотора.

Максимально допустимый пусковой ток системы плавного пуска зависит от времени пуска. Зависимость между током и временем показана на приведенном ниже рисунке.

Большой пусковой ток обеспечивает меньшее время пуска, например при использовании в дробилках. Меньший ток приводит к удлинению процесса пуска, например, при работе с насосами.



Типовой график пусковой мощности системы плавного пуска

Пусковая мощность при использовании шунтирующего контактора

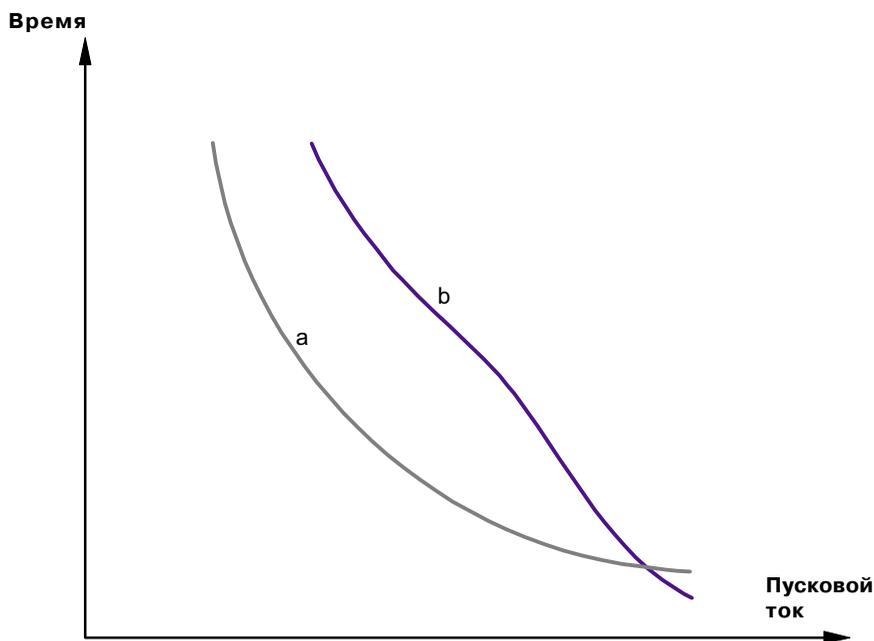
При использовании системы плавного пуска с шунтирующим контактором, иногда можно выбрать систему с номинальным током меньшим номинального тока мотора, поскольку она будет работать только во время пуска и остановки мотора.

Поскольку такая система плавного пуска не может выдержать номинальный ток мотора, необходимо проверить пусковую мощность выбранного типа системы плавного пуска.

Пусковая мощность при использовании защиты от перегрузки

Система защиты мотора от перегрузки (тепловая или электронная) очень часто накладывает ограничения на пусковую мощность. Реле класса 10 используется при нормальном пуске и реле класса 30 используется при пуске под большой нагрузкой, когда время пуска может быть увеличено.

В некоторых случаях, когда защита от перегрузки во время пуска отключена (используются другие средства защиты) для увеличения времени пуска, особенно важно проверить соответствие пусковой мощности системы плавного пуска условиям такой работы.



- а) Кривая срабатывания защиты от перегрузки
- б) Максимальная пусковая мощность системы плавного пуска (Она ограничивает время пуска / пусковой ток, если защита от перегрузки отключена во время пуска)

Число пусков в час

Максимальное число пусков в час для системы плавного пуска зависит от разных факторов, таких как пусковой ток, окружающая температура и продолжительность включения.

Продолжительность включения

Продолжительность включения - это число, показывающее сколько времени система плавного пуска работала (время пуска и непрерывной работы) по отношению к суммарному времени цикла.

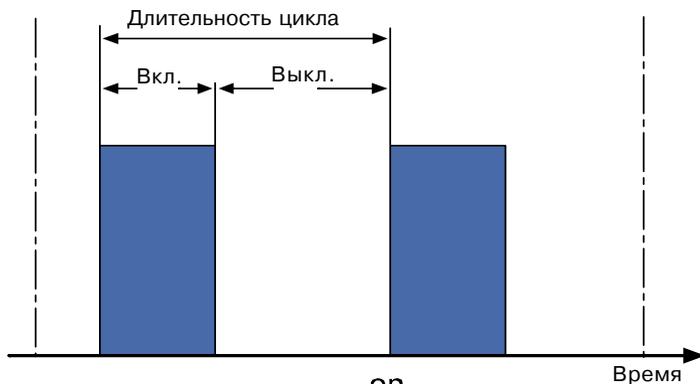
Очень важно определить продолжительность включения, когда речь идет о количестве пусков в час, поскольку время нахождения в выключенном состоянии - это время охлаждения системы плавного пуска.

Большие пусковые токи и длительный процесс пуска требуют большего нахождения системы в выключенном состоянии, чем при малых пусковых токах и быстром пуске, для обеспечения одинакового числа пусков в час.

Примеры:

Если система мягкого пуска проработала 5 минут при суммарной длительности цикла 10 минут, то коэффициент периодичности будет равен 50 % для включенного времени и 50% для выключенного времени.

Если система плавного пуска проработала 45 минут при суммарной длительности цикла 60 минут, то коэффициент периодичности будет равен 75 % для включенного времени и 25 % для выключенного времени.



$$\text{Продолжительность включения} = \frac{\text{on}}{\text{on} + \text{off}} \times 100 \%$$

Гармоники

Гармоники - это нежелательные напряжения и токи, существующие почти во всех современных электрических системах и имеющие частоту, кратную номинальной частоте питания сети.

Обычно, гармоники имеют нечетный порядок, т.е. 3-й, 5-й, 7-й, 9-й и т. д. Гармоники вызывают вредный разогрев моторов, кабелей и другого оборудования и могут сократить срок службы этих устройств, если будут воздействовать на них в течение длительного периода времени.

Они могут также вызывать сбои в работе электронного оборудования и систем. Состав гармоник и их уровень обычно зависят от источника, а также ряда других параметров, таких как импеданс питающей сети, параметры моторов, конденсаторов и других устройств, функционирующих в одной сети. Другими словами, это очень сложное явление.

Состав гармоник и системы плавного пуска

Вопрос состава гармоник в изделиях с системами плавного пуска, по сути, не стоит. Эти проблемы, как правило, возникают в изделиях, использующих приводы, где гармоники формируются постоянно, и установка фильтров обязательна при работе с бытовыми электросетями и зачастую требуется при работе с промышленными сетями. Наши системы плавного пуска полностью удовлетворяют требованиям директивы по ЭМС в части формирования помех и устойчивости к помехам, поэтому никаких других мер в этом отношении принимать не требуется.

Взрывоопасные среды (Ex)

Для установок, работающих во взрывоопасных средах, содержащих взрывоопасные смеси газов, взрывчатые материалы или горючие пыли, отличающиеся от взрывоопасной пыли, применяются специальные нормы в отношении взрывозащиты. Одной из них является требование к конструкции мотора, в которой не образуется искр или опасного разогрева. Другой способ - изоляция искр и опасного разогрева внутри мотора, чтобы не допустить возгорания любых взрывоопасных смесей газов вне мотора.

Различные классы взрывозащищенности (Ex) описаны в следующих частях стандарта IEC 60079:

- IEC 600079-1: противопожарные корпуса "d"
- IEC 600079-2: корпуса с наддувом "p"
- IEC 600079-5: заполнение порошками "q"
- IEC 600079-6: масляная иммерсия "o"
- IEC 600079-7: повышенная защищенность "e"
- IEC 600079-11: взрывобезопасность "i"
- IEC 600079-18: инкапсуляция "m"
- IEC 600079-22: корпуса для шахт, в которых возможно образование рудничных газов (находится на рассмотрении)

Пример: Электрооборудование для взрывоопасных сред с масляной иммерсией "o" должно соответствовать требованиям группы Exo.

Взрывоопасные участки и зоны

Взрывоопасные участки категорируются по зонам следующим образом:

Зона 0

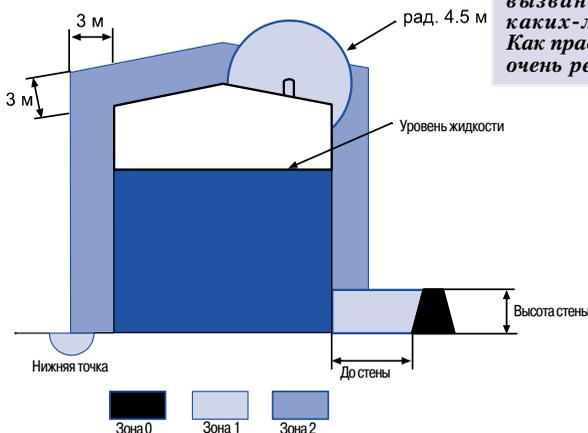
Область, в которой взрывоопасные газы имеются постоянно или в течение длительного времени. В этих зонах может устанавливаться только взрывобезопасное оборудование категории Exi. Использование моторов поэтому исключено.

Зона 1

Область, в которой вероятно возникновение взрывоопасных газов во время нормальной работы. В этой зоне могут использоваться моторы категорий Exd, Exe и Exr.

Зона 2

Зона, в которой возникновение взрывоопасных газов маловероятно во время нормальной работы, а при их возникновении, время присутствия невелико. Естественно, может использоваться оборудование для зон 0 и 1. При определенных условиях, оборудование, в том числе и моторы, могут не иметь взрывозащищенную конструкцию.



Пример классификации и распространения опасных зон в емкости

Размещение и выбор системы плавного пуска для условий Ex

Если система плавного пуска предназначена для эксплуатации в условиях Ex, она обычно размещается в отдельном кожухе вне любой из опасных зон. Используемое реле перегрузки должно иметь специальную модификацию для работы с моторами EEx, например, TA 25 DU...V 1000 - T 900 DU/SU...V 1000. Реле этого типа имеют более точное срабатывание по сравнению с обычными реле. Этому должно быть уделено особое внимание.

Тип системы плавного пуска, его номинал и остальные устройства, используемые в цепи, должны выбираться в соответствии с комплектацией 2-го типа.

Внимание!

Если предполагается использование любого электрооборудования во взрывоопасных зонах, необходимо пользоваться специальными корпусами. Тип этого корпуса (стальная коробка или ей подобный) должен быть способен выдержать внутренний взрыв, вызванный любым элементом, без каких-либо выбросов наружу. Как правило, такое решение используется очень редко.

Комплектация

Под комплектацией мы понимаем выбранную комбинацию электрооборудования, которая безопасна для окружающих и персонала, даже при возникновении в системе перегрузки или неисправности.

Скомплектованная группа должна обеспечивать выполнение следующих четырех важных функций:

- Защита от перегрузок. Защита, которая защищает все элементы, кабели и моторы от перегрева, и должна работать во всем диапазоне токов, включая токи заблокированного ротора.

Это устройство формирует сигнал отключения, который обычно используется контактором, управляющим мотором.

- Управление мотором. Эта функция обычно выполняется контактором.
- Защита от короткого замыкания, которая работает в диапазоне токов, превышающих ток заблокированного ротора - т.е. все аварийные токи.
- Изоляция. Обеспечивает формирование изолирующего воздушного промежутка для обеспечения безопасности персонала при открытии системы.

Комплектация для систем плавного пуска АВВ выполняется в соответствии с IEC 60947-4-2 «Полупроводниковые системы пуска и управления моторами переменного тока» и EN 60947-4-2.

Положения IEC 60947-1, «Общие правила», применяются к IEC 60947-4-2, где это особо оговорено.

Типы комплектации

Стандарт IEC 60947-4-2 определяет два типа комплектации, в зависимости от продолжительности операций восстановления и технического обслуживания. Стандарт IEC 60947-1, «Общие правила» применяется к этому стандарту, где это особо оговорено.

Тип 1:

Комплектация требует, чтобы при коротком замыкании устройство не создавало опасности для персонала или установки и может оказаться непригодно для дальнейшей работы без проведения ремонта и замены элементов.

Тип 2:

Комплектация требует, чтобы при коротком замыкании устройство не создавало опасности для персонала или установки и было пригодно для дальнейшей работы. При использовании гибридных контроллеров и пускателей существует риск спекания контактов, в этом случае производитель должен указать действия, которые необходимо выполнить при техническом обслуживании оборудования.

Внимание! При использовании системы плавного пуска в комплектации 2 типа, допускаются замена предохранителей и перезапуск системы после короткого замыкания. Для формирования комплектации 2 типа для систем мягкого запуска должны использоваться только полупроводниковые предохранители.

Категории применения

Некоторые категории применения указаны в стандарте IEC 60947-4-2, «Полупроводниковые системы пуска и управления моторами переменного тока». Для низковольтных систем плавного пуска ABB применяется категория AC-53.

Категории применения	Типовые применения
AC-52a	Управление статорами моторов со скользящими кольцами: 8 часовая работа с токами нагрузки при пуске, раскрутке и непрерывной работе
AC-52b	Управление статорами моторов со скользящими кольцами: прерывистая работа
AC-53a	Управление моторами с короткозамкнутым ротором: 8 часовая работа с токами нагрузки при пуске, раскрутке и непрерывной работе
AC-53b	Управление моторами с короткозамкнутым ротором: прерывистая работа
AC-58a	Управление моторами герметичных компрессоров холодильных установок с автоматическим перезапуском при снятии перегрузки: 8 часовая работа с токами нагрузки при пуске, раскрутке и непрерывной работе
AC-58b	Управление моторами герметичных компрессоров холодильных установок с автоматическим перезапуском при снятии перегрузки: прерывистая работа

Примечания

AC-53 - это категория применения, используемая для всех систем плавного пуска, поскольку она касается управления моторами с короткозамкнутым ротором. Эта категория указана в заголовке таблиц комплектации для систем плавного пуска.

AC-53a касается систем плавного пуска, предназначенных для использования без шунтирующего контактора.

AC-53b касается систем плавного пуска, предназначенных для использования с шунтирующим контактором.

Типы предохранителей

На рынке имеются три основных типа предохранителей (см. ниже) с различными функциями и характеристиками. Как правило, предохранители одного типа не могут заменять собой другие без проверки совместимости с остальными устройствами защиты, установленными в цепи, поскольку защитные свойства предохранителей зависят от их типа. При замене предохранителя на 100 А другим предохранителем на 100 А (одинаковые номиналы) без проверки их типа, существует риск потери защиты, поскольку предохранитель первого типа имел встроенную защиту от короткого замыкания и тепловую защиту, а предохранитель второго типа только защиту от короткого замыкания.

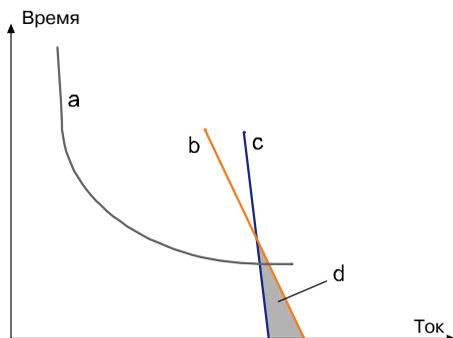
Предохранители gL/gG содержат комбинацию защиты от короткого замыкания и защиту от тепловой перегрузки ($5c > 3,5 \times I_n$) для кабелей.

При использовании предохранителей этого типа с системами плавного пуска может быть сформирована комплектация 1 типа. Для комплектации 2 типа необходимы полупроводниковые предохранители.

Предохранители aM имеют только защиту от короткого замыкания ($5c > 9 \times I_n$), поэтому для защиты от тепловой перегрузки необходимо использовать отдельное защитное устройство.

При использовании предохранителей этого типа с системами плавного пуска может быть сформирована комплектация 1 типа. Для комплектации 2 типа необходимы полупроводниковые предохранители.

Полупроводниковые предохранители (Быстродействующие предохранители) являются единственным типом предохранителей, которые имеют скорость срабатывания, достаточную для полной комплектации 2 типа при использовании систем плавного пуска. При работе с предохранителями этого типа необходимо использовать реле перегрузки. При замене полупроводниковых предохранителей на предохранители MCCB, MMS или им подобные, будет обеспечена комплектация только 1 типа.



- a: Характеристика реле перегрузки
- b: Характеристика предохранителя gL/gG
- c: Характеристика полупроводникового предохранителя
- d: Зона, в которой предохранитель gL/gG недостаточно быстр для обеспечения комплектации 2 типа

Где найти таблицы комплектации

Таблицы комплектации для систем плавного пуска могут быть найдены на Интернет-странице www.abb.com в разделе Low Voltage Products - Product Coordination (Низковольтные изделия - Комплектация изделий). При выборе нужного типа изделия, например, системы плавного пуска, будет отображена таблица, показанная ниже.

U_e	Основное напряжение в изделии
I_q	Номинальный ток короткого замыкания
Coor. Type	Тип комплектации
Starting type	Тип пуска, нормальный или под большой нагрузкой
SCPD type	Тип защитного устройства
Size kW	Номинальная мощность мотора
Table	Название таблицы комплектации (щелкните в текстовом поле для открытия)
Last Update	Последняя дата обновления таблицы

SOFTSTARTERS

U _e V	I _q kA	Coor. type	Starting type	SCPD type	Size kW	Table	Last Update
400	50	1	Normal	SMS	0.06 ... 50	MSP400SLNAG-1	13/1/01
			Normal	SMS	15 ... 50	MSP400SLNAG-1	13/1/01
			Normal	MCCB	0.37 ... 400	MSP400SLNAG-1	13/1/01
400	65	2	Normal	Fuse	1.5 ... 160	PSS400SLNE40	14/1/01
			Normal	Fuse	1.5 ... 55	PSS400SLNE30	20/1/00
			Normal	Fuse	30 ... 400	PSC400SLNE40	14/1/01
			Normal	Fuse	25 ... 400	PSC400SLNE30	20/1/00
			Normal	Fuse	7.5 ... 132	PSS400DELTA40	20/1/00
			Normal	Fuse	7.5 ... 110	PSS400DELTA30	20/1/00
415	65	2	Normal	Fuse	1.5 ... 75	PSS415SLNE40	20/1/00
			Normal	Fuse	1.5 ... 55	PSS415SLNE30	20/1/00
			Normal	Fuse	30 ... 500	PSC415SLNE40	20/1/00
			Normal	Fuse	30 ... 400	PSC415SLNE30	20/1/00
			Normal	Fuse	7.5 ... 132	PSS415DELTA40	20/1/00
			Normal	Fuse	8 ... 110	PSS415DELTA30	20/1/00
440	50	1	Normal	MCCB	0.37 ... 400	MSP440SLNAG-1	13/1/01
			Normal	MCCB	0.37 ... 305	MSP300SLNAG-1	13/1/01
			Normal	Fuse	2.2 ... 90	PSS000SLNE40	20/1/00
500	50	2	Normal	Fuse	2.2 ... 75	PSS000SLNE30	20/1/00
			Normal	Fuse	45 ... 500	PSC000SLNE40	20/1/00

Пример конфигураций для систем плавного пуска для U_e = 400 - 500 V.

Как читать таблицы комплектаций

В заголовке выбранной таблицы приведена информация о типе системы плавного пуска, основном напряжении, номинальном токе короткого замыкания, максимальной окружающей температуре, стандарте IEC и типе комплектации.

Motor (Мотор)	Показывает номинальную мощность мотора и максимальный ток. Если эти параметры не соответствуют в полной мере вашему мотору, выбирайте по максимальному току.
Softstarter (Система плавного пуска)	Отображает пригодный тип системы плавного пуска и ее размер для данного мотора.
Semi-conductor fuses (Полупроводн. предохранители)	Отображает номинальный ток и тип полупроводникового предохранителя.
Switch fuse (Размыкатель)	Отображает тип размыкателя для полупроводниковых предохранителей.
Thermal overload relay (Тепловое реле перегрузки)	Отображает тип и параметры подходящего теплового реле перегрузки.
Line contactor (Линейный контактор)	Отображает тип линейного (главного) контактора для мотора. Этот контактор выбирается из диапазона AC-3.
By-pass contactor (Шунтирующий контактор)	Отображает тип шунтирующего контактора, который не обязательно входит в комплектацию. Этот контактор выбирается из диапазона AC-1.

SOFTSTARTERS WITH FUSES

500 V - 65 kA - Normal start - up, type 2

Note: PSS5065LINE40

PSS5040

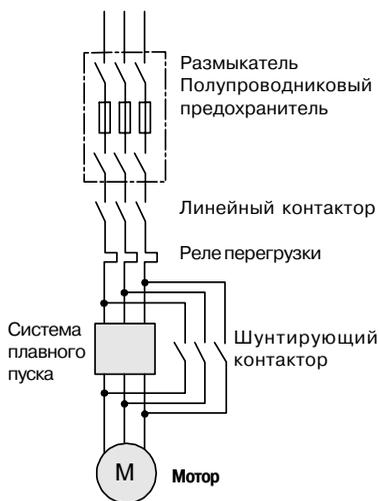
SOFTSTARTERS PS S 03 ... 142									
500 V, 65 kA (up to 40°C) IEC 947-4-2, type 2, AC-53a,b									
Starter and fuses in line									
Motor	Softstarter	Semi-conductor fuses	Switch Fuse	Thermal Overload Relay	Line contactor	By-pass contactor			
Rated Output (kW)	Max current (A)	Type	Rated current (A)	Basemann ref.	Type	Setting range (A)	Type	Type	
3.3	PS S 03-480B	1A	170M1328	OS 169RC038C	TA25DU43	2.8 - 4.5	A8	Butlin	
5.5	PS S 12-480B	40	170M1363	OS 169RC038C	TA25DU14	10 - 14	A8	Butlin	
7.5	PS S 1630-500	40	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU14	10 - 14	A12	A8	
	PS S 12-480B	40	170M1363	OS 169RC038C	TA25DU14	10 - 14	A12	Butlin	
14	PS S 1630-500	50	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU14	10 - 14	A16	A8	
	PS S 25-480B	50	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU14	10 - 14	A16	Butlin	
11	PS S 1630-500	50	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU19	13 - 19	A26	A8	
	PS S 1630-500	50	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU19	13 - 19	A26	A8	
18	PS S 25-480B	50	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU25	18 - 25	A26	Butlin	
	PS S 25-480B	50	170M1364	OS 169RC038C	TA25DU25	18 - 25	A26	Butlin	
23	PS S 3052-500	80	170M1386	OS 169RC038C	TA25DU32	24 - 32	A30	A8	

Пример таблицы комплектации: 500В, 65кА, нормальный пуск, тип 2 (PSD5065LINE40)

Система плавного пуска и предохранители в линии

Комплектация устройствами, включаемыми в линию, основывается на данной схеме.

Учтите, что шунтирующий контактор не обязателен для комплектации.

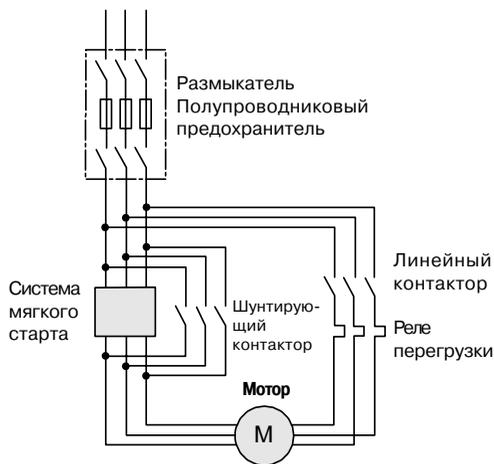


Система плавного пуска и предохранители в линии
Линейный контактор АС-3
Шунтирующий контактор АС-1

Система плавного пуска в треугольнике и предохранители в линии

Комплектация системой плавного пуска, включаемой в треугольник, основывается на данной схеме.

Учтите, что шунтирующий контактор не обязателен для комплектации.



Система плавного пуска включена в треугольник и предохранители включены в линию
Линейный контактор АС-3
Шунтирующий контактор АС-1
Линейный контактор и шунтирующий контактор включены в треугольник



По мере того как расширяется применение электронного оборудования, все большую актуальность приобретает проблема электростатического разряда (ЭСР). Основной причиной этой проблемы является неправильное обращение с электронными компонентами, печатными платами и др. Компоненты, поврежденные ЭСР, подверглись воздействию слишком высокого напряжения, а современные компоненты более чувствительны из-за их высокой интеграции, означающей реализацию большего числа функций на одном кристалле. Уменьшается расстояние между проводниками и снижается до минимума изолирующий зазор. В современных интегральных схемах широко применяются зазоры в 0.002 мм.

Электростатический разряд возникает по трем причинам:

- Трение двух поверхностей друг о друга.
- Разъединение двух плоскостей, например при снятии пластиковых оберток.
- Индукция, наводимая статическим электричеством без контакта с материалом.

Два типа неисправностей и различные схемы

Повреждения, вызванные ЭСР, подразделяются на две группы: прямые повреждения и скрытые дефекты. Прямые повреждения обнаружить достаточно просто, поскольку элементы не работают и это легко обнаружить на заводе до отгрузки.

Скрытые дефекты обнаружить очень трудно, поскольку компоненты работают ненадежно и срок службы устройства может быть существенно ограничен.

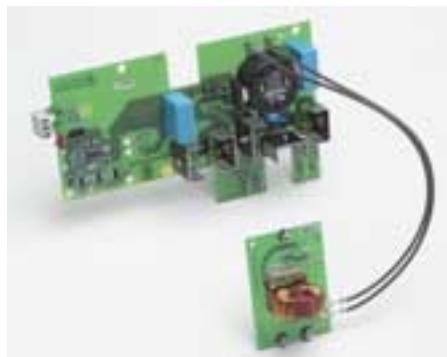
Неисправности, вызываемые ЭСР

Цифровые схемы:

- "Единицы" становятся "нулями", а "нули" становятся "единицами" без причины.
- Вообще нет "единиц" или "нулей" (цепь мертва).

Аналоговые схемы:

- Ухудшение точности измерения
- Неправильные уровни напряжения, требующие подстройки
- Неправильная работа



Печатная плата (PCB)

Уровни электростатического напряжения

Напряжение с уровнем 100-500 В может, в принципе, разрушить любой электронный элемент. Наиболее чувствительные элементы могут выдерживать напряжения 25-170 В.

Иногда можно слышать «щелчок» при касании предмета и это типично для явления ЭСР. Если вы слышите щелчок, это означает, что уровень напряжения не ниже 3,5 кВ. Иногда можно видеть искру, проскакивающую при касании предмета. Это означает, что уровень напряжения не ниже 10 кВ.

Ниже приведены некоторые значения типовых электростатических разрядов:

Проход по ковру от стены до стены :	10 - 20 кВ
Проход по пластиковому полу (ПХВ):	2 - 5 кВ
Проход по анти-статическому полу:	0 - 2 кВ
Подъем листа бумаги со стола:	5 - 35 кВ
Подъем с кресла:	10 -25 кВ

Защита от ЭСР

Можно снизить риск повреждения оборудования ЭСР до минимума. Следует это помнить при проведении работ по обслуживанию или ремонту электронных компонентов, например, печатных плат системы плавного пуска.

Меры по предотвращению повреждений:

- Не допускать разрядов, если это возможно
- Всегда пользоваться заземленным браслетом при работе с электронными компонентами
- Всегда пользоваться соответствующей упаковкой (пакеты с защитой от ЭСР и пр.)
- Подключать все машины и оборудование к заземленному потенциалу
- Поддерживать достаточно высокую влажность

Часто задаваемые вопросы

Главный контактор

В Есть ли требования по включению главного контактора последовательно перед системой плавного пуска?

О Для работы системы плавного пуска главный контактор не нужен, но мы рекомендуем использовать его для аварийной остановки и/или при срабатывании реле перегрузки. В некоторых случаях вместо главного контактора может устанавливаться автоматический выключатель.

Окружающая температура

В Могу я пользоваться системой плавного пуска, если окружающая температура выше рекомендуемой во время работы?

О Система плавного пуска может работать при повышенной окружающей температуре во время работы, если номинальный ток нагрузки уменьшается в соответствии с рекомендациями производителя.

Замыкание тиристора

В Может ли система плавного пуска работать, если замкнут один из тиристоров?

О Да, это возможно, но не для всех типов систем плавного пуска.

Применение мягкой остановки

В В каких случаях целесообразно применение мягкой остановки?

О Насосы и ленточные конвейеры, перевозящие хрупкие предметы - вот два основных применения мягкой остановки.

Преимущества шунтирования

В В чем преимущества шунтирования?

О В уменьшении потерь мощности. Кроме того, можно уменьшить размер корпуса и использовать более высокий класс защиты IP, поскольку не требуется воздушная вентиляция.

Потери мощности

В Чему равны потери мощности при непрерывной работе системы плавного пуска?

О Это значение обычно можно найти в каталоге. Для систем плавного пуска ABB можно пользоваться следующей формулой (например, для PS S 18...300):

$$P_{Ltot} = [3 \times I_e \times 1.0] + 50 \text{ (Вт)}$$

при этом она вырождается просто в 50 Вт, требуемые на работу вентиляторов, при использовании шунтирования.

I_e - рабочий ток мотора.

Категория применения

В Какая категория применения должна использоваться для главного контактора и шунтирующего контактора?

О Главный контактор: всегда пользуйтесь AC-3.

Шунтирующий контактор: можно использовать AC-1.

Индикация неисправностей при пуске

В Почему система плавного пуска индицирует неисправность при одновременной подаче сигнала включения на главный контактор и на систему плавного пуска?

О Если главный контактор замыкается слишком поздно, система плавного пуска будет считать это неисправностью потери фазы.

Задержите подачу сигнала включения на систему плавного пуска на примерно 0,5 сек. для устранения этого явления.

Тестирование при отсутствии мотора

В Можно ли протестировать систему плавного пуска без мотора?

О Нет, это невозможно, поскольку при этом через систему плавного пуска не будет протекать ток и некоторые системы будут индцировать отсутствие нагрузки.

Срабатывание реле защиты при пуске

В Почему реле перегрузки срабатывает во время старта?

О Возможна одна или несколько из следующих причин:

- слишком низкий порог тока
- слишком большое время пуска
- слишком низкое начальное напряжение
- неправильный класс защиты от перегрузки
- неправильная настройка защиты

Отдельное реле перегрузки при использовании шунтирования

В Нужно ли отдельное реле перегрузки при использовании системы плавного пуска со встроенной защитой от перегрузки и шунтированием?

О Если трансформаторы тока системы плавного пуска могут быть включены так, чтобы измерение тока происходило при шунтировании, отдельное реле не требуется, в противном случае - требуется.

Другие частоты

В Можно ли использовать одну и ту же систему плавного пуска на 50 и на 60 Гц?

О Это возможно для всех систем плавного пуска АВВ, если форма тока остается синусоидальной.

Изменения напряжения

В Какие изменения напряжения допускаются для систем плавного пуска?

О Минимальное и максимальное значения, при которых гарантируется полная функциональность составляют: от -15 % до +10 % от номинального значения. Это также указано в стандарте IEC.

Пример: 400 В от - 15 % до +10 % = диапазон от 340 В до 440 В.

Полупроводниковые предохранители

В Нужно ли всегда пользоваться полупроводниковыми предохранителями?

О При использовании полупроводниковых предохранителей можно обеспечить комплектацию 2 типа.

Можно вместо них пользоваться MCCB (автоматический выключатель) или MMS (система ручного пуска мотора), но при этом будет обеспечиваться комплектация только 1 типа. Более подробно - см. раздел по комплектации.

Экологическая информация

Влияние продукта на окружающую среду становится все более и более важным вопросом при разработке не только новых изделий, но и при модификации уже выпускаемых. Оценить полную картину экологических аспектов можно разными способами.

LCA

LCA (Анализ жизненного цикла) это инструмент управления для оценки и количественного анализа всего жизненного цикла конкретных материалов, влияния продуктов или действий в течение всего срока их существования путем анализа жизненного цикла конкретных материалов, процессов, продуктов, технологий, услуг или действий. В качестве наиболее важных аспектов систем плавного пуска, влияющих на экологию, рассматриваются следующие:

- Выбор материалов для системы плавного пуска
- Энергетические потери в течение жизненного цикла
- Возможности утилизации



Процедура LCA включает весь жизненный цикл изделия



EPD

EPD (Экологическая декларация изделия) - это документ, описывающий воздействие на окружающую среду как в процессе производства, так и в процессе использования конкретного продукта, например, систем плавного пуска серии PS S 18/30...300/515. Документ, помимо прочего, содержит перечень материалов, которые содержатся в килограмме изделия, таких как алюминий, медь, сталь, стекло и пр., а также таблицы

потребления и потерь энергии. Можно увидеть разницу при использовании включения системы плавного пуска в линию, в треугольник и/или с шунтирующим контактором.

Также прилагаются таблицы возможных вкладов в глобальное потепление, в выброс озона, в выброс кислот и т. п. Полный текст декларации можно найти на сайте www.abb.com в документе № 1SFC 288007-en.

Тип материала	кг/изделие	кг/кВт
Алюминий	2.2	0.03
Картон	2.4	0.03
Медь и медные сплавы	3.1	0.04
Сталь	4	0.05
Дерево	0.83	0.01
Полимеры	1.7	0.02
Эпоксидная смола	0.033	0.000
Стекло	0.025	0.0003
Силиконовая резина	0.0047	$0.9 \cdot 10^{-4}$

Пример перечня материалов, используемых в системе плавного пуска.

Промышленные информационные технологии

Industrial^{IT}
enabled™

Группа компаний АВВ, рассматривая это в качестве ключевого элемента своей бизнес-стратегии, активно участвует в продвижении программы разработки продукции под маркой Промышленных Информационных Технологий (ИТ). Основной задачей сертификации на соответствие Промышленным ИТ является упрощение и повышение эффективности использования изделий в системах и технических решениях.

Все изделия, прошедшие сертификацию на соответствие Промышленным ИТ получают право на соответствующую маркировку.

При прохождении сертификации проверяются те параметры изделий, которые обеспечивают их совместную работу заранее определенным образом с другими изделиями, прошедшими сертификацию на соответствие Промышленным ИТ, в течение всего срока службы установки. Это означает, что изделия, сертифицированные по ИТ должны легко проходить следующие процедуры:

- Закупка
- Проектирование
- Инжиниринг
- Монтаж
- Ввод в эксплуатацию
- Эксплуатация
- Техническое обслуживание
- Демонтаж

Различные уровни

Для подтверждения факта существования различных требований к интеграционным свойствам для различных применений и рынков, предусмотрены четыре уровня, по которым выполняется сертификация продукции:

Уровень 0 - Информационный

- Изделие поставляется в комплекте с минимальным набором описаний в заранее определенном формате, включая Информацию о продукте, Классификацию продукта, Документацию на продукт, Данные для САПР и Технические характеристики.

Уровень 1 - Подключение

- То же, что на информационном, плюс
- Оборудование может подключаться по определенным интерфейсам.
- Программное обеспечение устанавливается и используется совместимым образом.
- Базовое взаимодействие продукта со средой, в которой он установлен.
- Обмен основными параметрами может выполняться с использованием определенных протоколов.

Уровень 2 - Интеграция

- То же, что для подключения, плюс
- Типы формата объекта по крайней мере представлены в базовом перечне типов.
- Обмен дополнительной информацией может осуществляться с использованием определенных протоколов.
- Имеется соответствующая функциональность, определенная форматом систем на 2 уровне интеграции.

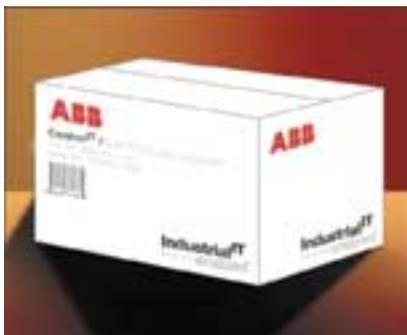
Уровень 3 - Оптимизация

- То же, что для интеграции, плюс
- Типы формата объекта по крайней мере представлены в расширенном перечне типов.
- Имеется соответствующая функциональность, определенная форматом систем на 3 уровне интеграции.
- Изделие используется согласованно в течение всего срока службы и приращенная стоимости.

Уровень системы плавного пуска

Все наши системы плавного пуска входят в систему Промышленных ИТ под именем Control^{IT} Softstarters, уровень сертификации 0 - Информационный.

Все сертифицированные на соответствие Промышленным ИТ изделия имеют соответствующую маркировку на упаковке. Более подробную информацию и документацию можно найти на сайте www.abb.com



Формулы и коэффициенты преобразования

В этом разделе приведены полезные формулы и коэффициенты преобразования. Формулы могут использоваться для расчета, например, номинального крутящего момента мотора, момента инерции, массы маховика и пр.

Коэффициенты преобразования могут использоваться для пересчета, например, киловатт в лошадиные силы, градусов Цельсия в градусы Фаренгейта, км/час в миль/час и пр.

Формулы

Закон Ома

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I} \quad U = I \times R$$

I = Ток (Амперы)

U = Напряжение (Вольты)

R = Сопротивление (Омы)

Номинальный крутящий момент мотора

$$M_{\Gamma} = \frac{9550 \times P_{\Gamma}}{n_{\Gamma}}$$

M_{Γ} = ном. крутящий момент, Нм

P_{Γ} = ном. мощность мотора, кВт

n_{Γ} = ном. скорость мотора, об./мин.

Момент инерции

$$J = \frac{m(R^2 + r^2)}{2}$$

J = Момент инерции, кгм²

m = Масса маховика, кг

R = Наружный радиус, м

r = Внутренний радиус, м

Масса маховика

$$mD^2 \text{ или } GD^2 \quad (mD^2 \sim GD^2)$$

mD^2 = Масса маховика, кфм²

GD^2 = Масса маховика, кгм²

Соотношение между моментом инерции и массой маховика

$$J = \frac{1}{4} GD^2 = \frac{1}{4} mD^2$$

J = Момент инерции, кгм²

mD^2 = Масса маховика, кфм²

GD^2 = Масса маховика, кгм²

Пересчет момента инерции на валу нагрузки к валу мотора

$$J'_b = \frac{J_b \times n_b^2}{n_r}$$

J'_b = Момент инерции, пересчитанный к валу мотора, кгм²

J_b = Момент инерции нагрузки, кгм²

n_b = Скорость нагрузки, об./мин.

n_r = Скорость мотора, об./мин.

Пересчет момента сопротивления на валу нагрузки к валу мотора

$$M'_b = \frac{M_b \times n_b}{n_r}$$

M'_b = Момент сопротивления нагрузки, пересчитанный к валу мотора, Нм

M_b = Момент сопротивления нагр., Нм

n_b = Скорость нагрузки, об./мин.

n_r = Скорость мотора, об./мин.

Электрическая мощность

$$P = \frac{U \times I \times PF}{1000}$$

P = Мощность в кВт (1-фазная)

PF = Коэффициент мощности

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{2}}{1000}$$

P = Мощность в кВт (2-фазная)

$$P = \frac{U \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000}$$

P = Мощность в кВт (3-фазная)

Единицы измерений

Длина

yd.	=	ярд
m	=	метр
mm	=	миллиметр
cm	=	сантиметр
in.	=	дюйм
ft.	=	фут
km	=	километр

Время

h	=	час
min	=	минута
s	=	секунда

Вес

oz.	=	унция
lb.	=	фунт
kg	=	килограмм
g	=	грамм

Мощность / Энергия

HP	=	лошадиная сила
W	=	Ватт
kW	=	киловатт
kWh	=	киловатт-час

Объем

l	=	литр
ml	=	миллилитр
cu.in.	=	кубический дюйм
cu.ft.	=	кубический фут
gal.	=	галлон
fl.oz.	=	унция жидкости

Электрические

A	=	Ампер
V	=	Вольт
W	=	Ватт
э	=	Ом
F	=	Фарада

Коэффициенты преобразования

Длина

1 миля	=	1,609344 км	1 км	=	0,621 мили
1 ярд	=	0,9144 м	1 м	=	1,09 ярда
1 фут	=	0,3048 м	1 м	=	3,28 фута
1 дюйм	=	25,4 мм	1 мм	=	0,039 дюйма

Скорость

1 узел	=	1,852 км/ч	1 км/ч	=	0,540 узла
1 миля/ч	=	1,61 км/ч	1 км/ч	=	0,622 мили/ч
1 м/с	=	3,6 км/ч	1 км/ч	=	0,278 м/с

Площадь

1 акр	=	0,405 га	1 га	=	2,471 акра
1 фут ²	=	0,0929 м ²	1 м ²	=	10,8 фут ²
1 дюйм ²	=	6,45 см ²	1 см ²	=	0,155 дюйм ²

Объем

1 фут ³	=	0,0283 м ³	1 м ³	=	35,3 фут ³
1 дюйм ³	=	16,4 см ³	1 см ³	=	0,0610 дюйм ³
1 галлон	=	4,55 л (английский)	1 л	=	0,220 галлона (английский)
1 галлон	=	3,79 л (американский)	1 л	=	0,264 галлона (американский)
1 пинта	=	0,568 л	1 л	=	1,76 пинта

Масса

1 фунт	=	0,454 кг	1 кг	=	2,20 фунта
1 унция	=	28,3 г	1 г	=	0,0352 унции

Момент инерции

1 Нм ²	=	2,42 фут-фунт ²	1 фут-фунт ²	= 0,41322 Нм ²
1 кгм ²	=	0,2469 фут-фунт ²	1 фут-фунт ²	= 4,0537 кгм ²
1 унция-дюйм ²	=	0,000434 фут-фунт ²	1 фут-фунт ²	= 2304,147 унция-дюйм ²

Сила

1 кгс	=	9,80665 Н	1 Н	= 0,102 кгс
1 фунт силы	=	4,45 Н	1 Н	= 0,225 фунт силы

Энергия

1 кгсм	=	9,80665 Дж	1 Дж	= 0,102 кгсм
1 кал	=	4,1868 Дж	1 Дж	= 0,239 кал
1 кВтч	=	3,6 МДж	1 МДж	= 0,278 кВтч

Мощность

1 л.с.	=	0,736 кВт	1 кВт	= 1,36 л.с.
1 л.с.	=	0,746 кВт (UK,US)	1 кВт	= 1,34 л.с. (UK;US)
1 ккал/ч	=	1,16 Вт	1 Вт	= 0,860 ккал/ч

Температура

0 °Сельсия	=	32 °Фаренгейта
°Сельсия	=	5 / 9 (°Фаренгейта-32)
0 °Фаренгейта	=	-17,8 °Сельсия
°Фаренгейта	=	9 / 5 (°Сельсия+32)

Глоссарий

AC

Ambient Temperature
(Окружающая температура)

Asynchronous speed
(Асинхронная скорость)

Bearing
(Подшипник)

Bu-pass
(Шунт)

CSA

Current limit
(Ограничение тока)

Cycle
(Цикл)

D-end
(D-торец)

DC

Degree of Protection
(Класс защиты)

Derating
(Ухудшение параметров)

D.O.L

Переменный ток

Окружающая температура - это температура воды, воздуха или иной среды, в которой оборудование используется или хранится.

Скорость индукционного мотора переменного тока при полной нагрузке и полном напряжении, называемая также номинальной скоростью.

Элемент, используемый для уменьшения трения и износа вращающихся деталей.

Шунтирующий контактор используется для шунтирования другого устройства, например, системы плавного пуска для уменьшения потерь мощности в номинальном режиме мотора.

Канадская Ассоциация по Стандартизации

Электронный способ ограничения пускового тока мотора в процессе запуска. Обычно эту функцию можно настроить так, чтобы стартовый крутящий момент был достаточен для начала движения нагрузки.

Последовательность регулярно повторяющихся операций или время, требуемое для выполнения одной операции.

Торец, на котором обычно находится привод электромотора.

Постоянный ток

Определяется и обозначается как класс IP (Международный класс защиты), означающий степень защищенности от контакта и проникновения твердых частиц и жидкостей.

Когда устройство должно работать при более низких номиналах (обычно это относится к току) из-за высокой окружающей температуры или большой высоты.

Пуск прямой подачей напряжения

Duty Cycle (Рабочий цикл)	Полный цикл между одним стартом и следующим стартом, включающий время разгона и остановки, работы и пауз, если они есть.
Efficiency (к.п.д.)	Соотношение между механической выходной мощностью и электрической входной мощностью. Процентное выражение показывает, насколько эффективно мотор преобразует электрическую энергию в механическую.
EMF (ЭДС)	Электродвижущая сила, другое название напряжения или разности потенциалов, например, для обозначения напряжения, генерируемого мотором.
EPD	Экологическая декларация продукта, описание того, как конкретное изделие влияет на окружающую среду.
ESD	Электростатический разряд (ЭСР).
Fault (Неисправность)	Любой сбой, влияющий на нормальную работу.
Flywheel mass (Масса маховика)	Суммарная масса (mD^2 или GD^2) вращающегося тела, обычно выражаемая в кфм^2 или кгм^2 . Значение массы маховика в 4 раза превышает момент инерции.
Frequency (Частота)	Число периодических циклов в единицу времени.
Gate (Затвор)	Элемент управления SCR (тиристором). При подаче небольшого положительного напряжения на SCR он становится проводящим.
Heat Sink (Радиатора)	Элемент, обычно изготавливаемый из алюминия, и используемый для отвода тепла, выделяемого электронным устройством при протекании через него электрического тока.
Heavy Duty Start (Пуск под большой нагрузкой)	Пуск под нагрузкой, имеющей большой или очень большой момент инерции. Пуска продолжительностью более 5 секунд при прямой подаче напряжения может считаться пуском под большой нагрузкой.

High load torque (Большой крутящий момент нагрузки)	Тормозящий момент вала мотора, обуславливаемый нагрузкой. Если тормозящий момент равен или почти равен номинальному крутящему моменту мотора, он может считаться большим крутящим моментом нагрузки.
IEC	Международная Электротехническая Комиссия, входящая в состав Международной Организации по Стандартизации.
Inertia (Инерция)	Мера сопротивления тела изменению его скорости, когда тело движется при постоянной скорости или покоится. Движение может быть вращательным или поступательным.
Induction motor (Индукционный мотор)	Мотор переменного тока с первичной обмоткой (обычно это статор), подключенной к источнику питания и вторичной обмоткой (обычно это ротор), несущей индуцированный ток.
In-Line connection (Включение в линию)	Тип включения, при котором устройства в цепи основного питания включены последовательно друг с другом.
Inside Delta connection (Включение в треугольник)	Тип включения, при котором устройства включаются в соединение мотора треугольником. При этом протекающий через них ток уменьшается до $1/\sqrt{3} = 58\%$ по сравнению с током при включении в линию.
Integrated Circuit (IC) (Интегральная схема - ИС)	Небольшое электронное устройство, состоящее из нескольких тысяч транзисторов, обычно монтируется на печатную плату.
Intermittens factor (Коэффициент периодичности)	Соотношение между временем нахождения механизма во включенном состоянии (включенное время) и в отключенном состоянии (выключенное время) в течение цикла.
Jog (Рывки)	Небольшие перемещения мотора при кратковременном замыкании цепи с помощью контактного элемента или кнопки.

LCA	Анализ жизненного цикла - анализ того, как продукт влияет на окружающую среду от зарождения до захоронения.
LCD (ЖКИ)	Жидкокристаллический дисплей, устройство отображения информации в цифровых часах и портативных компьютерах.
LED	Светодиод.
Locked Rotor Current (Ток заблокированного ротора)	Ток, потребляемый из линии, когда ротор остается неподвижным при номинальном напряжении и частоте питания. Это ток, потребляемый из линии при пуске мотора прямой подачей напряжения.
Megger Test (Тест Меггера)	Обычно измеряется в мегаомах и определяется при полном напряжении и малом токе, используется для измерения сопротивления системы изоляции. Может использоваться, например, для проверки тириستоров.
Micro processor (Микропроцессор)	Блок центрального процессора, построенный с использованием технологии больших интегральных схем.
MCCB	Автоматический выключатель
MMS	Ручной пускатель мотора
N-end (Торец N)	Торец электромотора, на котором обычно нет привода.
NEMA	Национальная Ассоциация Производителей Электрооборудования (США)
Network (Сеть)	Несколько узлов, соединенных между собой какими-либо средствами связи. Сеть может односвязной и многосвязной.
Noise (Шум)	Нежелательные искажения в линии связи, которые стремятся разрушить содержимое передаваемой информации.
Normally Closed Contact - NC (Нормально замкнутый контакт)	Контакт или набор контактов, которые замкнуты, когда реле или переключатель отпущены. Контакты размыкаются при срабатывании реле.

Normally Open Contact - NO (Нормально разомкнутый контакт)	Контакт или набор контактов, которые разомкнуты, когда реле или переключатель отпущены. Контакты замыкаются при срабатывании реле.
Normal Start (Нормальный пуск)	Пуск под нагрузкой, которая имеет малый или средний момент инерции. Пуск длительностью менее 5 секунд при прямой подаче напряжения может считаться нормальным пуском.
Overload relay (Реле перегрузки)	Устройство, используемое для недопущения перегрева мотора. Может быть электронным или тепловым.
Parallel start (Параллельный пуск)	Параллельный пуск моторов - это, как правило, одновременный пуск двух и более моторов с использованием общего пускового оборудования.
PCB	Печатная плата
PLC (ПЛК)	Программируемый логический контроллер, состоит из центрального процессора, интерфейсов ввода/вывода и памяти, разработанных для систем промышленного управления. Система ПЛК используется для сохранения инструкций, синхронизации, расчетов, генерации отчетов, управления вводом/выводом и пр.
Power (Мощность)	Работа, выполняемая за единицу времени, измеряемая в лошадиных силах (л.с.) или Ваттах (Вт).
Power Factor (Коэффициент мощности)	Разность фаз напряжения и тока в цепи переменного тока, представленная в виде косинуса угла.
Protocol (Протокол)	Набор соглашений относительно формата и синхронизации обмена данными между взаимодействующими устройствами.
Reversing (Ревверс)	Изменение направления движения ротора или якоря электромотора.
SCR	Полупроводниковый управляемый выпрямитель, часто называемый тиристором.
Semi-conductor fuses (Полупроводниковые предохранители)	Особый тип быстродействующих предохранителей, используемых для защиты

	тиристора, поскольку обычные (gG/gL или aM) предохранители недостаточно быстры.
Sequential start (Последовательный пуск)	Последовательный пуск моторов - это когда два и более моторов запускаются последовательно общим пусковым оборудованием.
Serial Communication (Последовательный обмен данными)	Способ передачи данных по сети между двумя узлами с использованием определенного типа протокола.
Slip (Скольжение)	Разность (обычно выражаемая в процентах) между синхронной скоростью и скоростью ротора в индукционных моторах переменного тока.
Star connection (Соединение звездой)	Тип соединения, в котором все обмотки в многофазной схеме одной стороной включены в общую точку соединения.
Synchronous speed (Синхронная скорость)	Скорость вращающегося магнитного поля в индукционных моторах переменного тока, определяемая частотой и количеством магнитных полюсов в каждой фазе обмоток статора.
Thyristor (Тиристор)	Твердотельный ключ, имеющий анод, катод и элемент управления, называемый затвором, который позволяет включать его в любой момент. Он может быстро коммутировать большие токи при больших напряжениях.
Tripping class (Класс срабатывания защиты)	Класс срабатывания определяет время пуска при заданном токе до того как сработает защита. Существует несколько классов, например, 10, 20, 30 и пр., класс 30 позволяет иметь наиболее длительный пуск.
Torque (Крутящий момент)	Мера крутящего усилия, подаваемого в нагрузку.
UL (разрешительная организация).	Лаборатория по технике безопасности США
Y connection (Соединение звездой)	См. соединение звездой