ЭиУА

Дәуренов ӘД

Лекция 7. Контакторы и пускатели

Цель лекции

Изучить

- назначение,
- устройство,
- принцип действия,
- классификацию
- и применение контакторов и магнитных пускателей в промышленных системах автоматизации,
- а также их взаимодействие с программируемыми логическими контроллерами (PLC).

План лекции

1. Назначение контакторов и пускателей в автоматике.
2. Контактор: устройство и принцип действия.
3. Основные характеристики и классификация контакторов.
4. Магнитные пускатели: назначение и состав.
5. Схемы управления электродвигателями.
6. Защита электродвигателей и электрических цепей.
7. Применение контакторов и пускателей в промышленной автоматизации.
8. Сравнение контакторов, пускателей и реле.

Назначение контакторов и пускателей

В промышленной автоматизации необходимо не только измерять параметры технологических процессов, но и управлять исполнительными устройствами.
К ИУ относятся:

- Электродвигатели насосов, вентиляторов и конвейеров.
- Электрические нагреватели.
- Компрессоры.
- Системы освещения.
- Промышленные механизмы и установки.

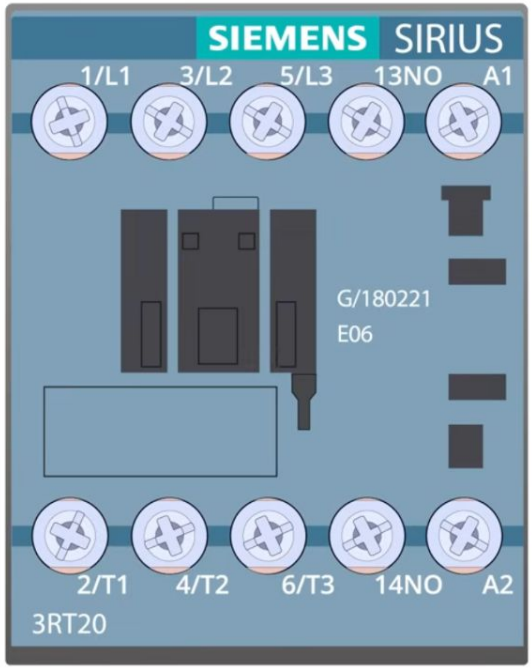
Многие из этих устройств потребляют значительный ток и не могут подключаться непосредственно к маломощным выходам датчиков или PLC.
Для управления силовыми электрическими цепями **используются**

- **реле, - контакторы и - пускатели.**

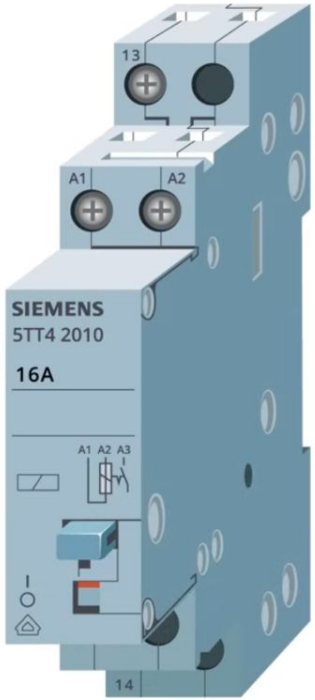
Электромагнитное реле (Relay) — электромеханическое устройство для коммутации преимущественно маломощных электрических цепей с помощью электромагнита. Например: цепи управления, сигнализации, индикаторов и небольших электрических нагрузок.

Контактор (Contactor) — электромеханический аппарат для многократного включения и отключения электрических цепей, преимущественно с большими рабочими токами и мощными нагрузками. Например: силовые цепи электродвигателей, электронагревателей и промышленного оборудования.

Магнитный пускатель (Magnetic Motor Starter) — устройство или комплект аппаратов на основе контактора для пуска и остановки электродвигателя, а при наличии соответствующих защитных устройств — также для его защиты от перегрузки. Например: системы управления электродвигателями конвейеров, вентиляторов, компрессоров и насосов.



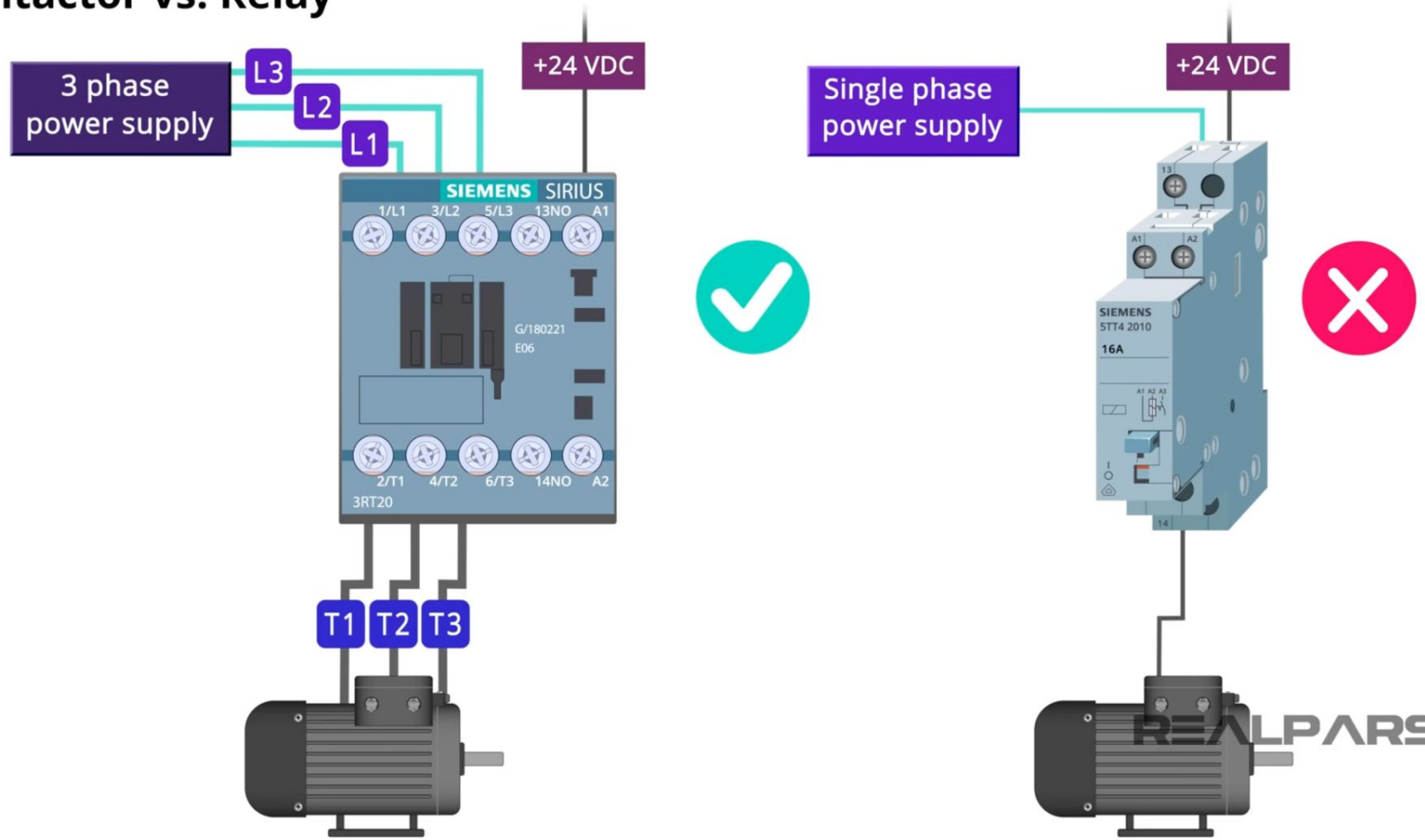
Contactor



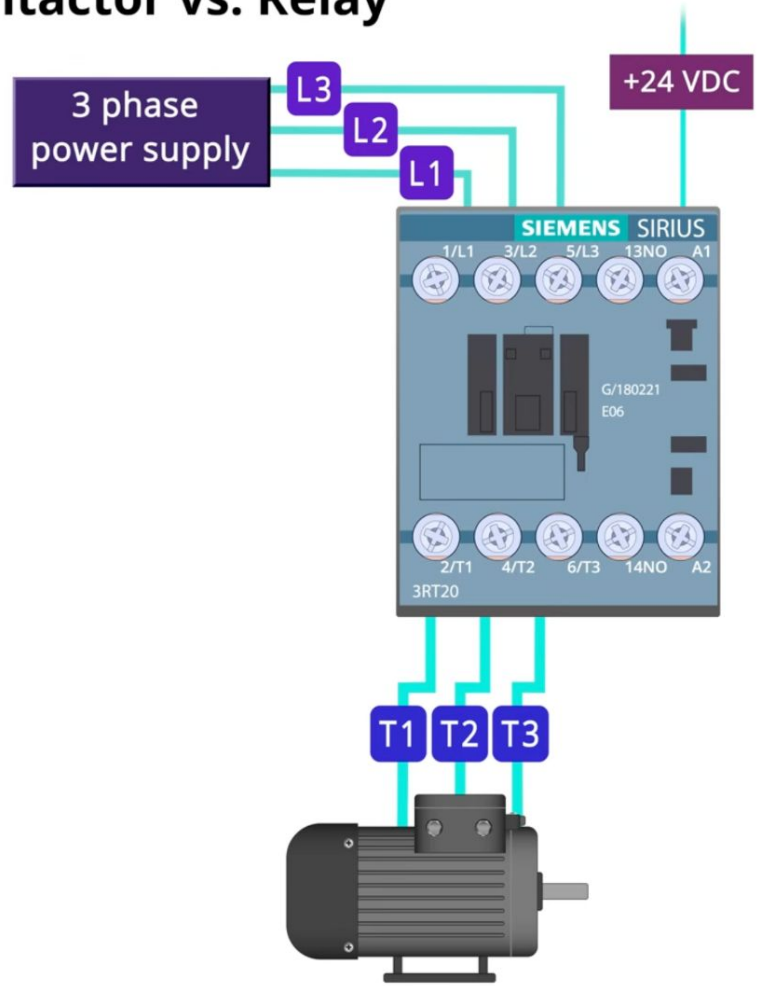
REALPARS

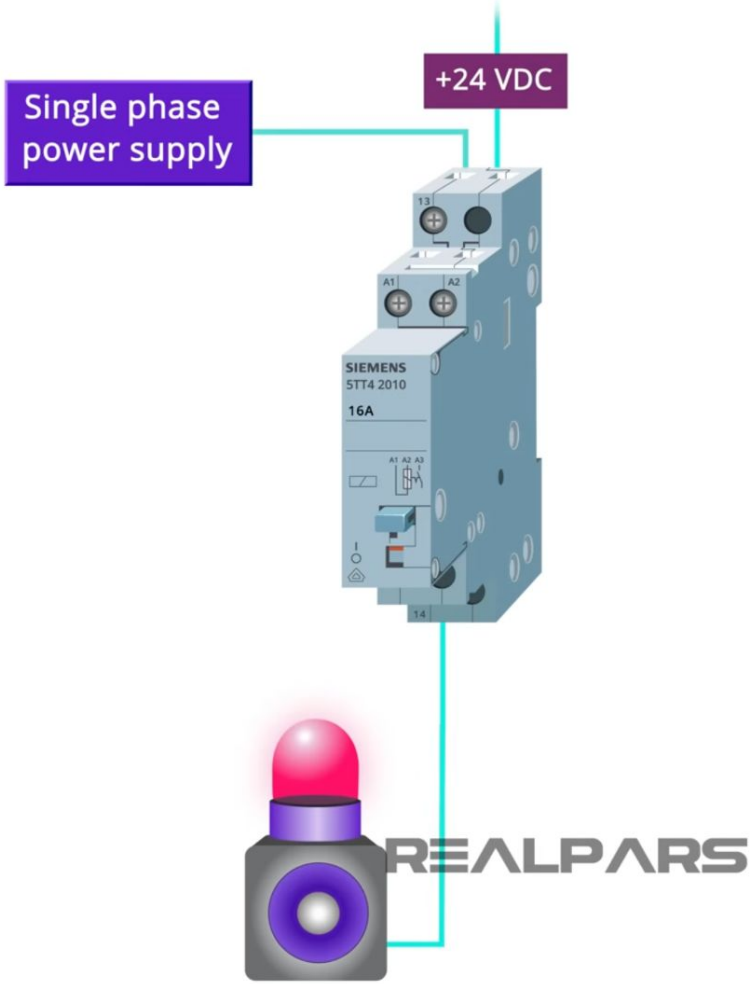
Relay

Contactor vs. Relay



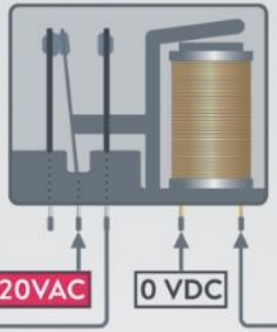
Contactor vs. Relay







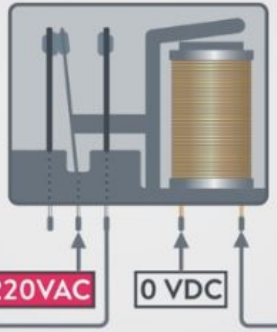
электромагнитный клапан

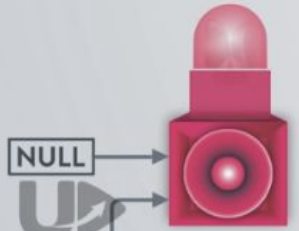




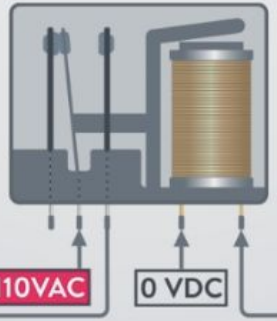


сигнальная лампа

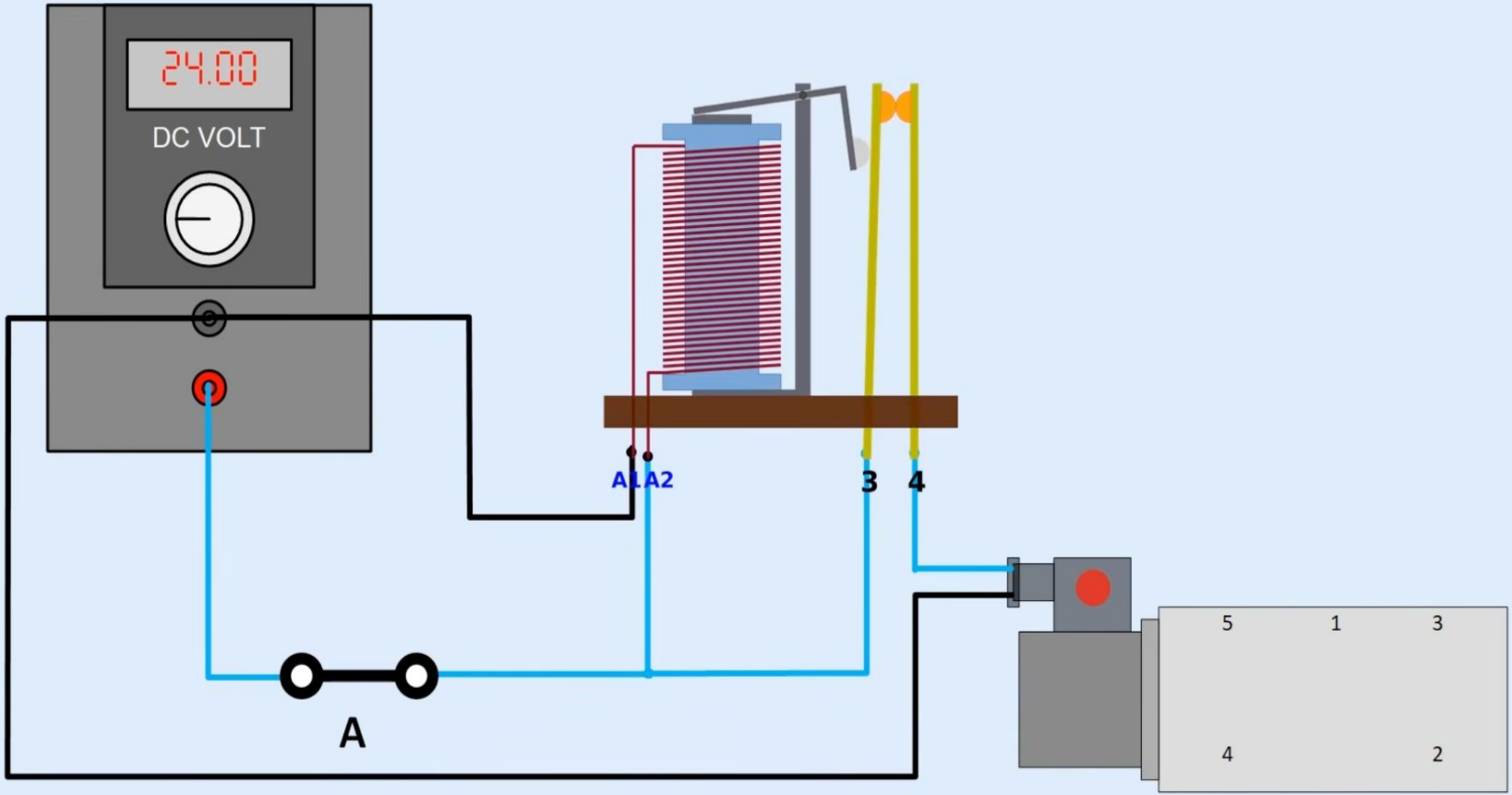




Сирена



SUB NOW

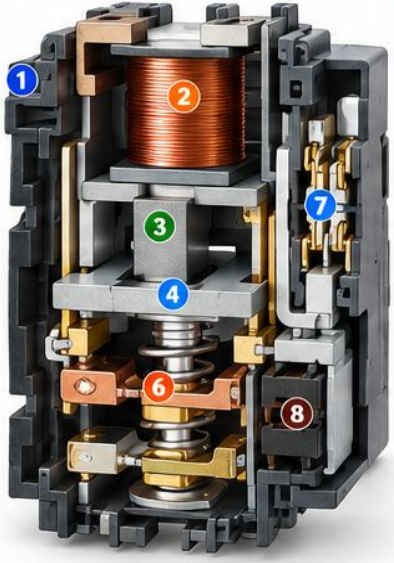

24.00
DC VOLT
A1
A2
3
4
A
5
1
3
4
2

Контактор: устройство и принцип действия

1. Внешний вид (реальный пример)



2. Устройство контактора (в разрезе)



1. **Корпус**
   Защита и крепление
2. **Электромагнитная катушка**
   Создаёт магнитное поле при подаче управляющего напряжения (A1, A2)
3. **Магнитопровод (сердечник)**
   Проводит магнитный поток
4. **Подвижный якорь**
   Перемещается под действием магнитной силы
5. **Возвратная пружина**
   Возвращает якорь в исходное положение
6. **Главные силовые контакты**
   Замыкают и размыкают силовую цепь (1L1–2T1, 3L2–4T2, 5L3–6T3)
7. **Вспомогательные контакты**
   Используются в цепях управления, сигнализации и блокировки
8. **Дугогасительная система**
   Гасит электрическую дугу при размыкании контактов

3. Основные элементы (фото)


Катушка


Магнитопровод


Подвижный якорь


Главные контакты (серебряный сплав)


Вспомогательные контакты


Возвратная пружина


Дугогасительная камера


Корпус


Готовый контактор (Schneider LC1D09)

Основные элементы контактора

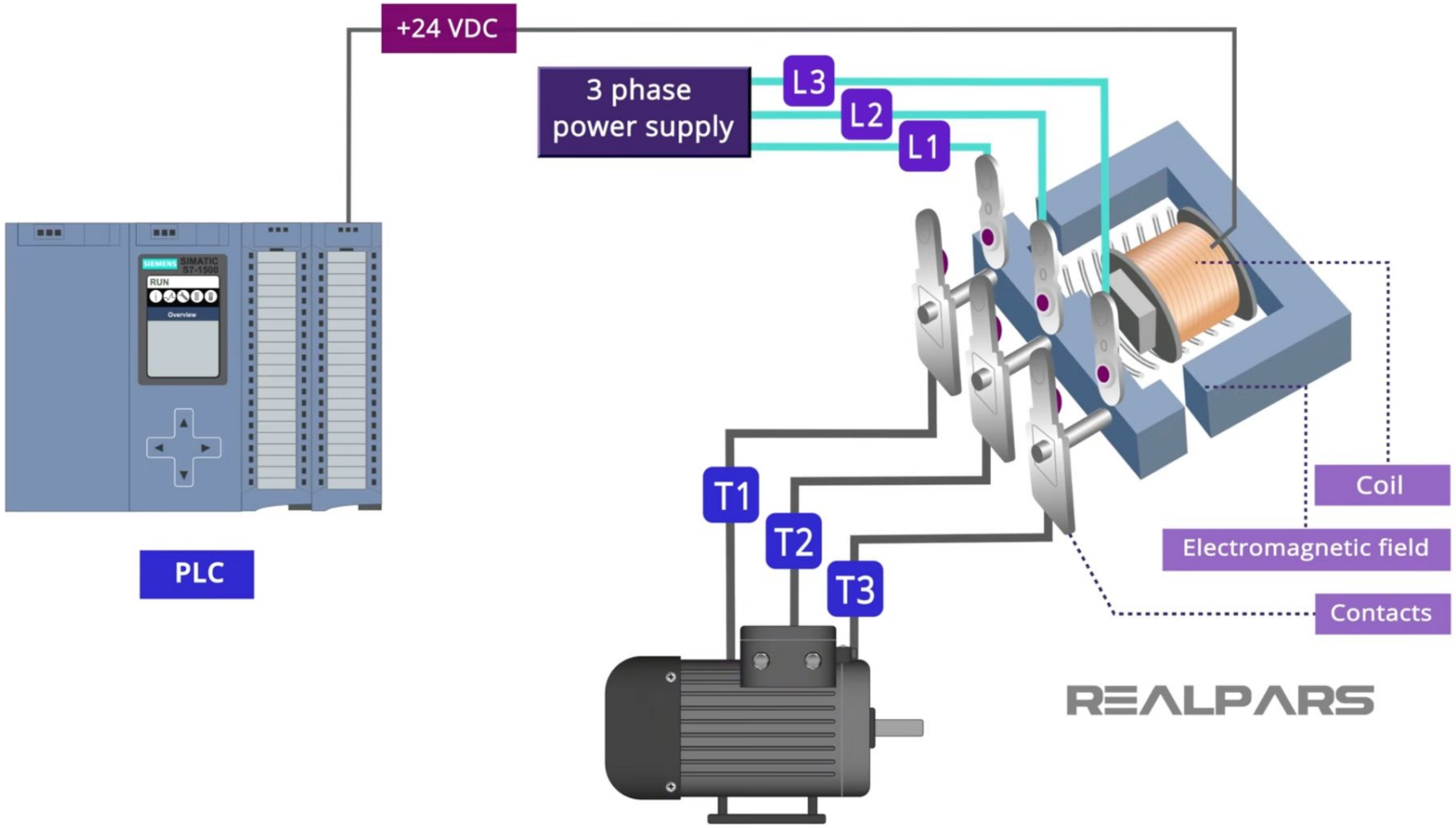
Типовой электромагнитный контактор состоит из следующих элементов:

Элемент	Назначение
Электромагнитная катушка	Создаёт магнитное поле при подаче управляющего напряжения
Магнитопровод	Проводит магнитный поток электромагнита
Подвижный якорь	Перемещается под действием электромагнитной силы
Главные контакты	Замыкают и размыкают силовую цепь
Вспомогательные контакты	Используются в цепях управления, сигнализации и блокировки
Возвратная пружина	Возвращает механизм в исходное положение
Дугогасительная система	Обеспечивает гашение электрической дуги при размыкании
Корпус и клеммы	Обеспечивают монтаж, электрическое подключение и защиту

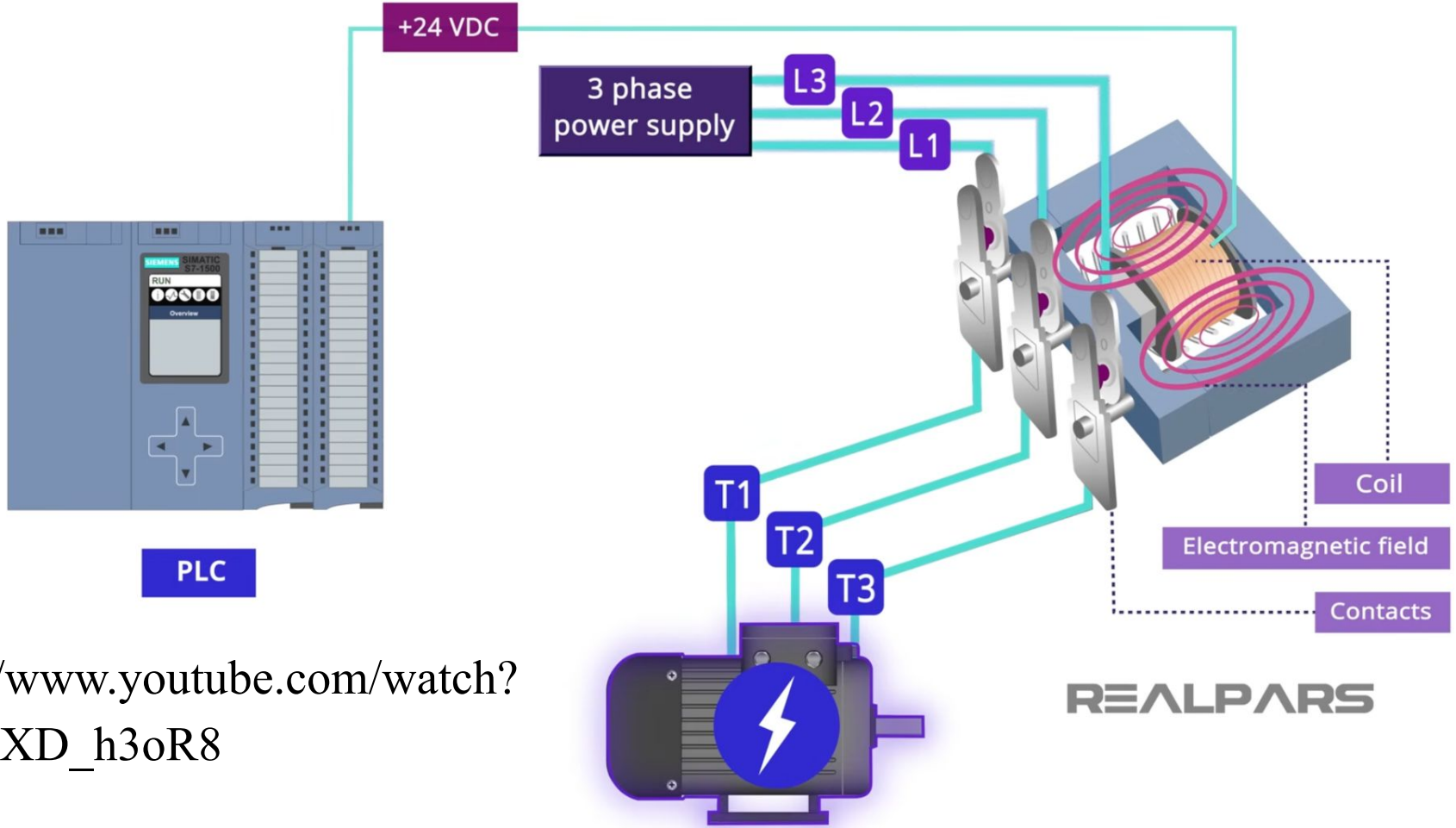
Последовательность работы:

На катушку контактора подаётся управляющее напряжение.
В катушке возникает электрический ток, создающий магнитное поле.
Магнитное поле притягивает подвижный якорь.
Главные нормально разомкнутые контакты замыкаются.
Электрическая энергия поступает к нагрузке.
При снятии напряжения возвратная пружина размыкает контакты, отключая нагрузку.

What is a contactor?



What is a contactor?



https://www.youtube.com/watch?v=y2EXD_h3oR8

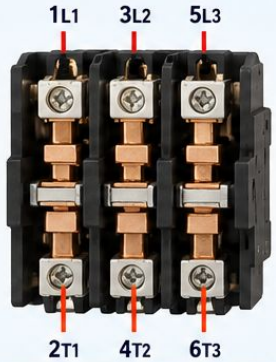
Основные и вспомогательные контакты контактора

Главные контакты

Главные контакты предназначены для коммутации силовой нагрузки.

Например, трёхполюсный контактор одновременно коммутирует три фазных проводника электродвигателя.





Главные контакты (вид внутри)
Три полюса замыкаются одновременно при срабатывании контактора.

Вспомогательные контакты

Вспомогательные контакты предназначены для логики управления и сигнализации.

- **NO** *(Normally Open)* — нормально разомкнутый контакт.
- **NC** *(Normally Closed)* — нормально замкнутый контакт.

Вспомогательные контакты часто используются для самоподхвата, электрической блокировки и передачи сигнала о состоянии контактора.



Пример вспомогательного контактного блока

Типы вспомогательных контактов

NO — нормально разомкнутый

В исходном состоянии контакт открыт.



Состояние «выключен» (контакт открыт)



Обозначение на схеме

NC — нормально замкнутый

В исходном состоянии контакт закрыт.



Состояние «выключен» (контакт закрыт)



Обозначение на схеме

Пример применения

Управление электродвигателем с использованием главных и вспомогательных контактов.



Основные характеристики и классификация контакторов

Контакторы различаются по нескольким признакам.

1. По виду коммутируемого тока

- Контакторы переменного тока (AC).
- Контакторы постоянного тока (DC).
- Контакторы, рассчитанные на определённые режимы коммутации AC и DC.

Контакторы переменного и постоянного тока могут иметь разные конструкции дугогасительных систем. Нельзя считать, что контактор с номиналом 230 В AC автоматически пригоден для коммутации 230 В DC.

2. По количеству главных полюсов

- Однополюсные.
- Двухполюсные.
- Трёхполюсные.
- Четырёхполюсные.

В промышленных трёхфазных электродвигателях широко применяются трёхполюсные контакторы.

3. По напряжению катушки управления

Напряжение катушки	Применение
24 В DC	Системы автоматизации, цепи управления с PLC
24 В AC	Низковольтные цепи управления
110 В AC	Промышленные системы управления
230 В AC	Системы управления с сетевым напряжением

Важно различать напряжение катушки управления и напряжение главной силовой цепи.

Например, контактор с катушкой 24 В DC может управлять трёхфазной нагрузкой 400 В AC, если его силовые характеристики допускают такой режим.

4. По категории применения

Категория применения контактора

Категория применения характеризует условия коммутации нагрузки (тип нагрузки, режим работы и т.д.).

Категория	Назначение	Типичные примеры
AC-1	Неиндуктивные или слабоиндуктивные нагрузки, например резистивные нагреватели	Нагревательные элементы, лампы накаливания, резистивные печи
AC-3	Пуск и отключение работающих асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором	Асинхронные электродвигатели (насосы, вентиляторы, компрессоры, конвейеры)
AC-4	Тяжёлые режимы коммутации двигателей, включая толчковый режим и противовключение	Частые пуски/остановки, реверсирование двигателя, крановые механизмы, подъёмники
DC-1	Неиндуктивные или слабоиндуктивные нагрузки постоянного тока	Резистивные нагрузки постоянного тока (нагреватели, источники питания и т.п.)
DC-3	Определённые режимы коммутации шунтовых двигателей постоянного тока	Двигатели постоянного тока (шунтовые), транспортные системы, приводные механизмы

AC-1
Резистивные нагрузки



Нагревательные элементы

AC-3
Асинхронные двигатели (обычный пуск/остановка)



Электродвигатель (насос, вентилятор и т.п.)

AC-4
Тяжёлые режимы (частые пуски, реверс)



Крановый механизм (частые пуски и реверс)

DC-1
Резистивные нагрузки DC



Нагреватель постоянного тока (резистивная нагрузка)

DC-3
Двигатели постоянного тока (шунтовые)



Двигатель постоянного тока (шунтовый)

Категории применения определяются соответствующими стандартами серии IEC 60947 (например, IEC 60947-4-1).

Важно: при выборе контактора недостаточно учитывать только номинальный ток. Необходимо учитывать категорию применения, рабочее напряжение и характеристкки нагрузки.

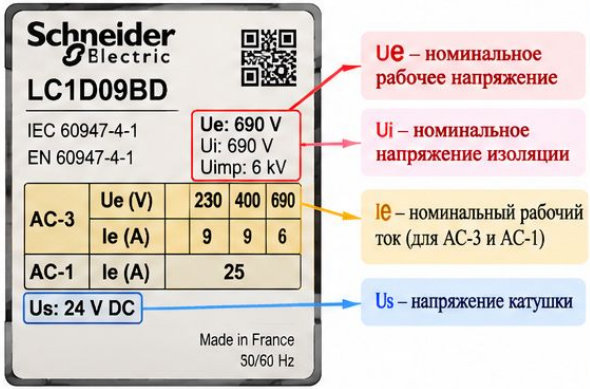
Основные паспортные характеристики контактора

Параметр	Обозначение	Значение / пояснение	Пример
Номинальное рабочее напряжение	Ue	Напряжение коммутируемой цепи (сеть питания нагрузки)	400 V AC
Номинальный рабочий ток	Ie	Допустимый ток при заданных условиях (зависит от категории применения)	9 A (AC-3)
Номинальное напряжение изоляции	Ui	Характеристика изоляции аппарата (максимальное допустимое напряжение)	690 V
Напряжение катушки	Us	Напряжение цепи управления (катушки)	24 V DC / 230 V AC
Категория применения	AC-1, AC-3 и др.	Характер нагрузки и режим коммутации	AC-1, AC-3, AC-4
Механическая износостойкость	—	Ресурс механизма (количество циклов включения/отключения)	10 млн циклов
Электрическая износостойкость	—	Ресурс коммутации нагрузки (зависит от категории применения)	1 млн циклов (AC-3)

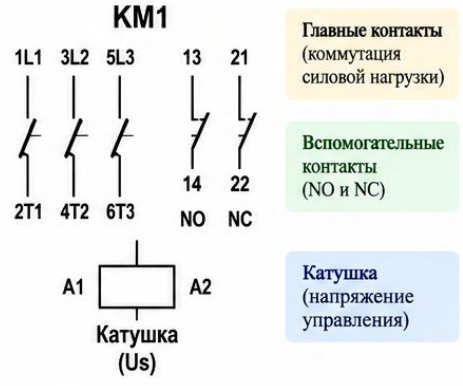
Реальный пример контактора



Паспортная табличка (пример)



Пример обозначения на схеме



Магнитный пускатель/Motor starter



Магнитный пускатель — электромагнитный коммутационный аппарат или комплект устройств на основе контактора, предназначенный для пуска и остановки электродвигателя, а при наличии соответствующих защитных устройств — для его защиты от перегрузки.

Реальный пример (в сборе)



Отдельные компоненты

Контактор



Тепловое реле перегрузки



Кнопки управления



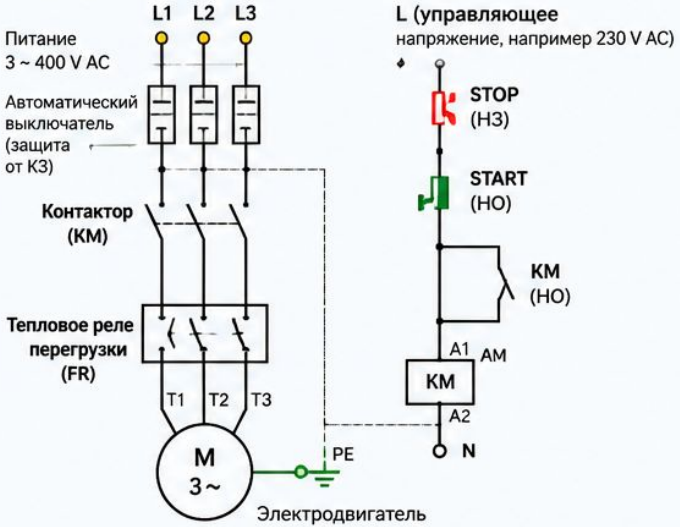
START (НО) STOP (НЗ)

Другой тип исполнения



Магнитный пускатель может быть выполнен как готовое устройство в корпусе или как комплект аппаратуры для монтажа в распределительном щите.

1. Типовая схема подключения



2. Основные элементы магнитного пускателя

1. 

Контактор
Коммутирует силовую цепь электродвигателя.

2. 

Тепловое реле перегрузки
Защищает электродвигатель от перегрузки. При превышении тока размыкает цепь управления.

3. 

Элементы управления и сигнализации
Кнопки START (НО) и STOP (НЗ), а также сигнальные лампы (по необходимости).

4. 

Аппарат защиты от короткого замыкания (автоматический выключатель)
Устанавливается в силовой части цепи для защиты от КЗ.

3. Пример практического исполнения



Готовый магнитный пускатель в корпусе с кнопками управления и защитой.

Разница между контактором и пускателем

Характеристика	Контактор	Магнитный пускатель
Основное назначение	Коммутация электрической цепи	Управление электродвигателем
Главные контакты	Да	Обычно используется контактор
Защита от перегрузки	Обычно не встроена	Может входить в комплект
Кнопки START/STOP	Обычно внешние	Могут быть частью комплекта
Применение	Двигатели, нагреватели, освещение	Прежде всего электродвигатели

Важно: обычный контактор сам по себе не является полноценной защитой от короткого замыкания или перегрузки.

Классификация пускателей

- **По Способу управления электродвигателем**

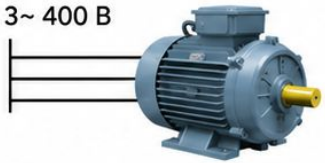
1. Full Voltage Non-Reversing (Прямой пуск без реверса)
2. Full Voltage Reversing (Прямой пуск с реверсом)
3. Reduced Voltage (Пуск при пониженном напряжении) — двигатель запускается при пониженном напряжении для уменьшения пускового тока.
4. Multi-Speed (Многоскоростное управление) — позволяет переключать двигатель между несколькими скоростями вращения.

- **По устройству управления**

1. Manual (Ручной пускатель) — включение и отключение двигателя выполняется вручную.
2. Magnetic / Direct Online (Магнитный пускатель, DOL) — использует электромагнитный контактор для прямого подключения двигателя к сети.
3. Auto-Transformer (Автотрансформаторный пускатель) — снижает напряжение при запуске двигателя с помощью автотрансформатора.
4. Star-Delta (Пускатель «звезда–треугольник») — сначала соединяет обмотки двигателя звездой, затем переключает на треугольник для нормальной работы.
5. Soft Starter (Устройство плавного пуска) — постепенно увеличивает напряжение, уменьшая пусковой ток и механические нагрузки.
6. Variable Frequency Drive — VFD (Частотный преобразователь) — управляет частотой и напряжением питания двигателя, обеспечивая плавный пуск и регулирование скорости.

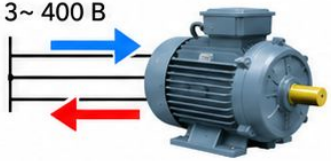
Методы управления электродвигателем

1 Прямой пуск без реверса
(Full Voltage Non-Reversing)



- Полное напряжение сети.
- Вращение в одном направлении.
- Простой и недорогой способ.

2 Прямой пуск с реверсом
(Full Voltage Reversing)



- Полное напряжение сети.
- Возможность изменения направления вращения.

3 Пуск при пониженном напряжении
(Reduced Voltage)



- Запуск при пониженном напряжении.
- Меньший пусковой ток.
- Например: автотрансформатор, звезда–треугольник, плавный пуск.

4 Многоскоростное управление
(Multi-Speed)



- Несколько скоростей вращения.
- Регулирование скорости (например, частотный преобразователь).
- Применяется, когда нужны разные режимы работы.

Типы пускателей и устройств управления

1 Ручной пускатель
(Manual)



- Включение и отключение вручную.
- Простой и недорогой.

2 Магнитный пускатель
(Direct Online, DOL)



- Использует контактор (электромагнитное управление).
- Прямое подключение к сети.

3 Автотрансформаторный пускатель
(Auto-Transformer)



- Снижает напряжение при запуске с помощью автотрансформатора.
- Уменьшает пусковой ток.

4 Пускатель «звезда–треугольник»
(Star-Delta)



- Сначала соединение «звезда» (меньшее напряжение на обмотках).
- Затем переключение на «треугольник».
- Уменьшает пусковой ток.

5 Устройство плавного пуска
(Soft Starter)



- Постепенно увеличивает напряжение.
- Уменьшает пусковой ток и механические нагрузки.
- Обеспечивает плавный пуск.

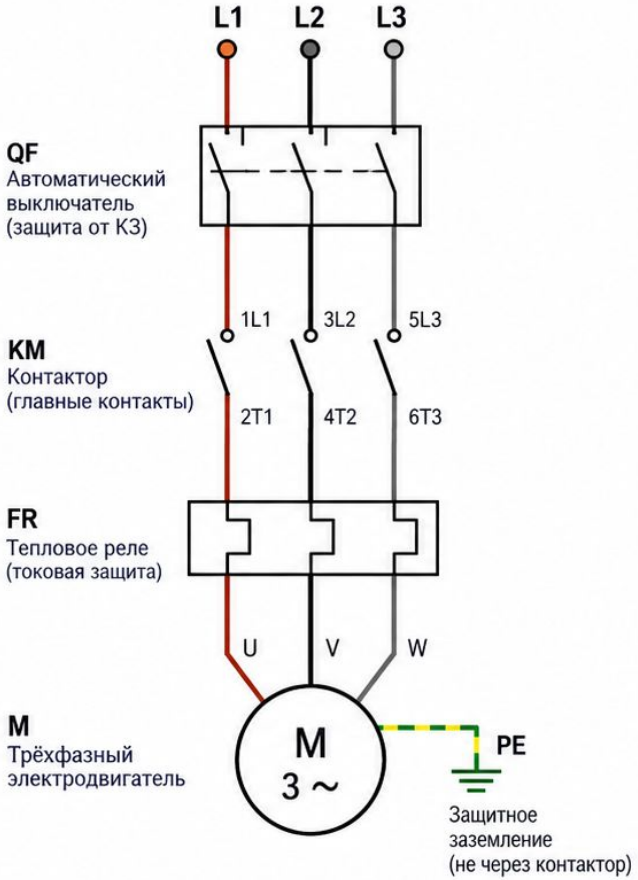
6 Частотный преобразователь
(Variable Frequency Drive, VFD)



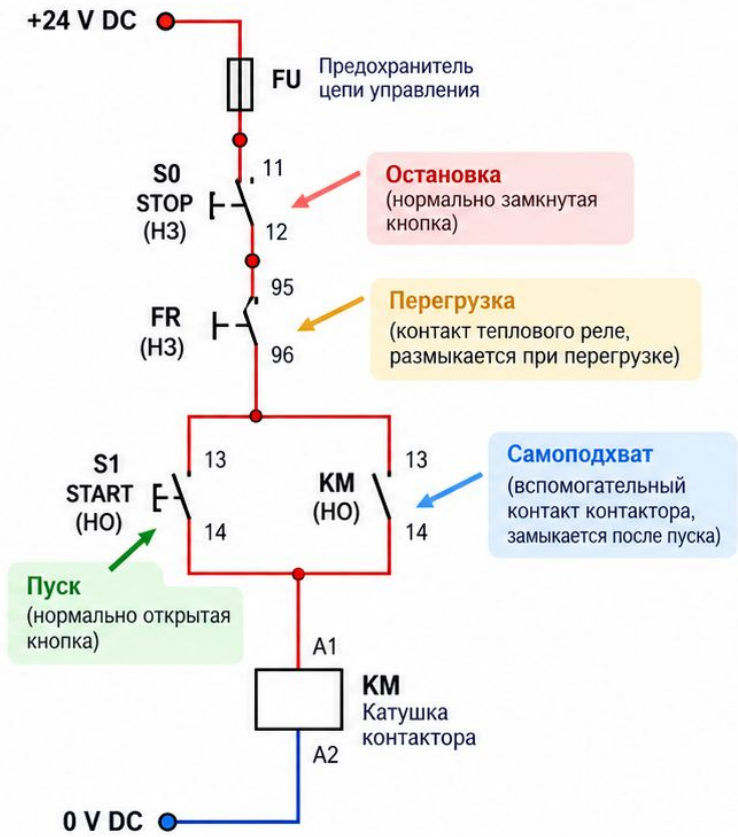
- Управляет частотой и напряжением питания.
- Обеспечивает плавный пуск и регулирование скорости.
- Подходит для многоскоростных режимов.

Нереверсивный магнитный пускатель трёхфазного двигателя (DOL)

Силовая цепь (3 ~ 400 В AC)



Цепь управления (24 В DC)



Обозначения:

QF	–	автоматический выключатель (3 полюса)
KM	–	магнитный пускатель (контактор)
FR	–	тепловое реле перегрузки
S0	–	кнопка «Стоп» (НЗ)
S1	–	кнопка «Пуск» (НО)
FU	–	предохранитель цепи управления
M	–	трёхфазный электродвигатель
PE	–	защитное заземление

Принцип работы:

1. При нажатии кнопки START (S1) катушка KM получает питание, контактор замыкает главные контакты и двигатель запускается.
2. Вспомогательный контакт KM (13–14) обеспечивает самоподхват, поэтому после отпускания кнопки START катушка остаётся под напряжением.
3. При нажатии кнопки STOP (S0) или срабатывании теплового реле (FR) цепь катушки размыкается, контактор отключает двигатель.

Примечание:

Учебная принципиальная схема.
Для монтажа необходим проект и проверка паспортных данных оборудования.

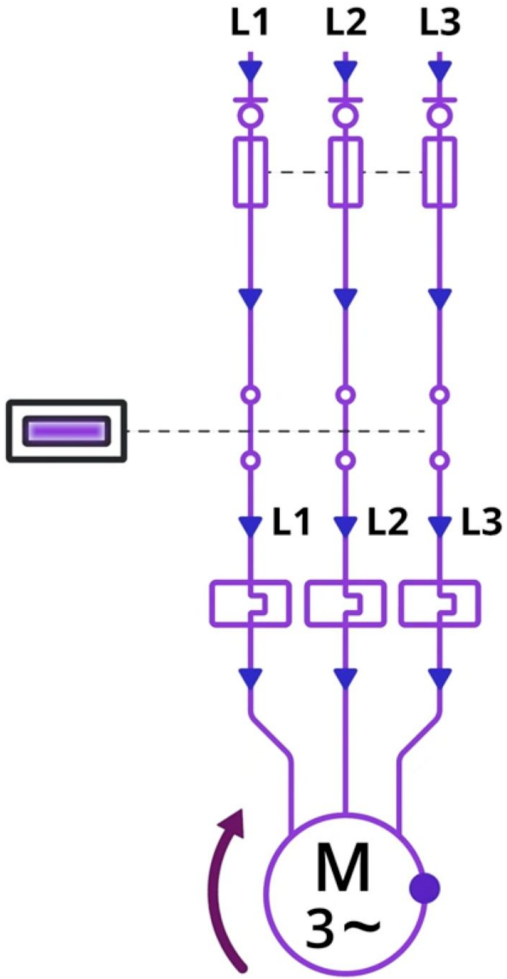
Реверсивный пускатель

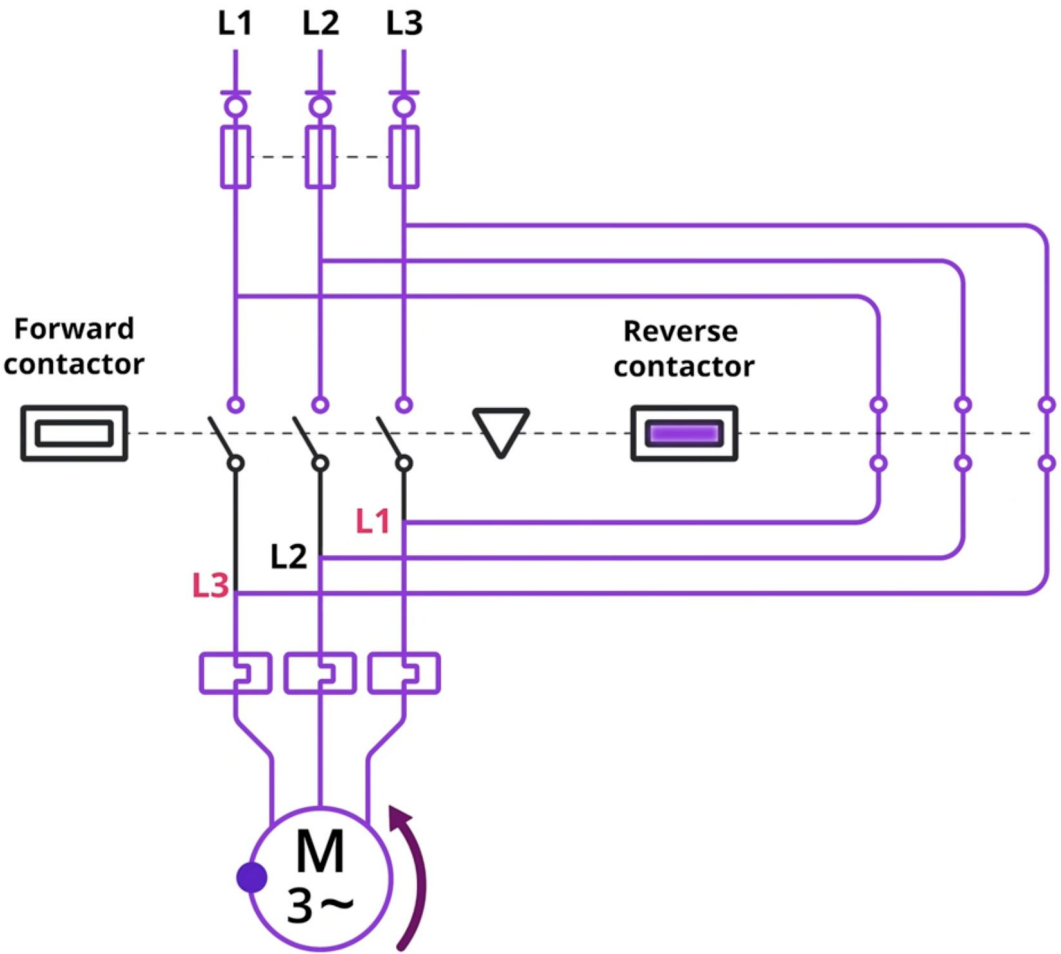
Реверсивный пускатель позволяет изменять направление вращения трёхфазного электродвигателя путём перестановки двух фаз.
Для этого обычно используются два контактора:

- KM1 — вращение вперёд.
- KM2 — вращение назад.

Между контакторами предусматриваются механическая и электрическая блокировки, исключающие их одновременное включение.

Одновременное замыкание обоих контакторов в обычной реверсивной схеме может привести к межфазному короткому замыканию.


L1
L2
L3
L1
L2
L3
M
3~


L1
L2
L3
Forward
contactor
Reverse
contactor
L1
L2
L3
M
3~

Защита электродвигателей и электрических цепей

При эксплуатации электродвигателя возможны перегрузки, короткие замыкания, нарушение фазного режима и другие аварийные ситуации. Для защиты используются разные аппараты.

Устройство	Основная функция
Автоматический выключатель	Защита электрической цепи от сверхтоков в соответствии с характеристиками аппарата
Предохранитель	Защита от сверхтоков, включая короткие замыкания
Тепловое реле перегрузки	Защита двигателя от длительной перегрузки
Электронное реле защиты двигателя	Контроль перегрузки и других параметров в зависимости от модели
Контактор	Коммутация цепи по управляющей команде

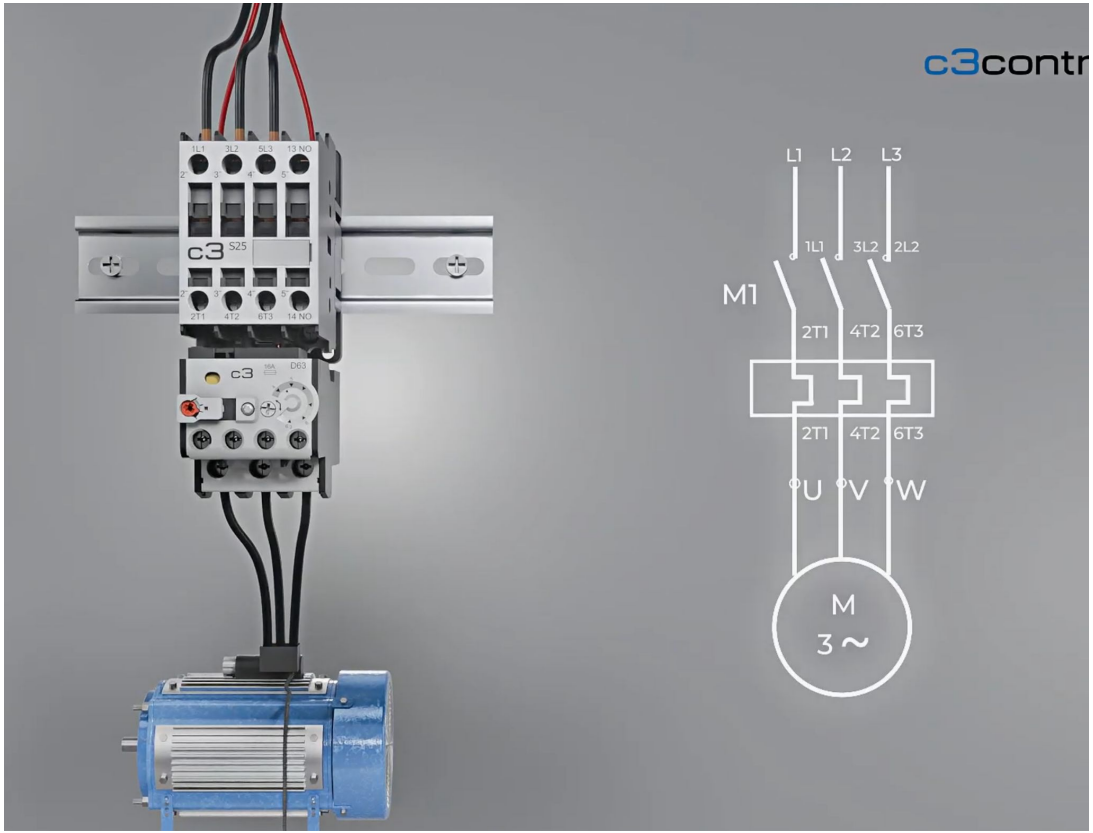
Тепловое реле перегрузки

В классическом тепловом реле ток двигателя нагревает биметаллические элементы. При продолжительной перегрузке механизм срабатывает и размыкает контакт в цепи управления контактором.

В результате катушка контактора обесточивается и двигатель отключается.

Тепловое реле перегрузки не заменяет защиту от короткого замыкания. Для полноценной защиты необходимо правильно согласовать аппараты в соответствии с документацией производителей.

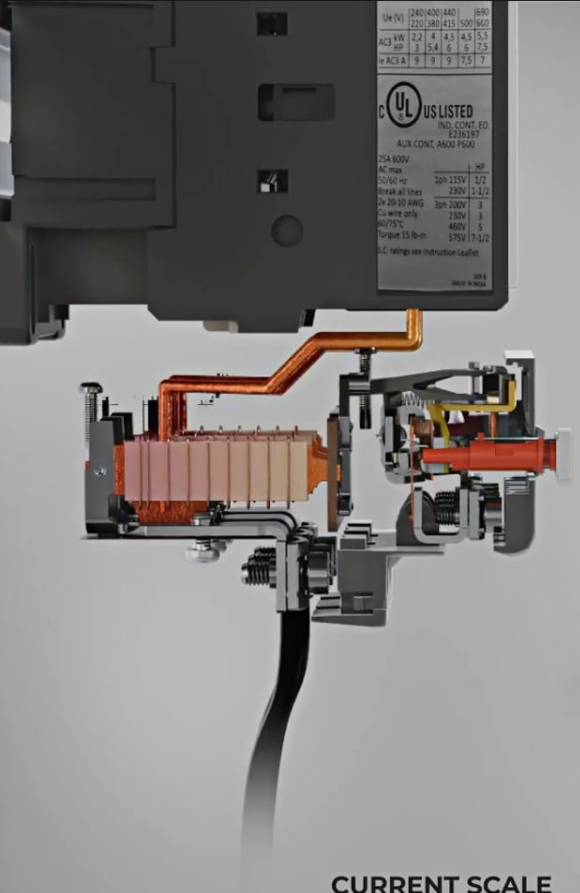




https://www.youtube.com/watch?v=FGSFwyNpdZY

OVERLOAD

c3controls





CURRENT SCALE

LOW CURRENT | NORMAL CURRENT | HIGH CURRENT

Пример работы реле перегрузки

1 Нормальная работа двигателя

Трехфазный двигатель подключен к конвейерной ленте и работает в нормальном режиме.
Ток двигателя находится в допустимых пределах.



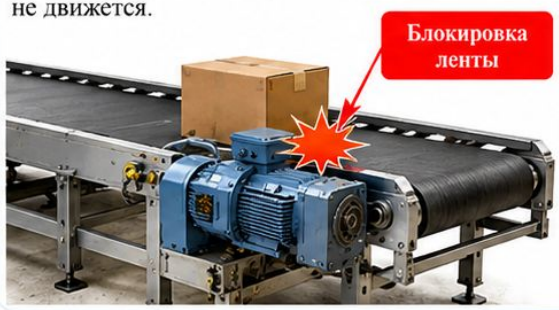
Ток двигателя

5 А

В допустимых пределах

2 Блокировка конвейерной ленты

По какой-либо причине конвейерная лента блокируется (например, застрял предмет).
Двигатель продолжает работать, но лента не движется.



3 Увеличение тока двигателя

Двигатель продолжает пытаться вращать ленту, но из-за блокировки потребляет больший ток.
Это приводит к увеличению потребления электроэнергии и нагреву двигателя.



Лента не движется

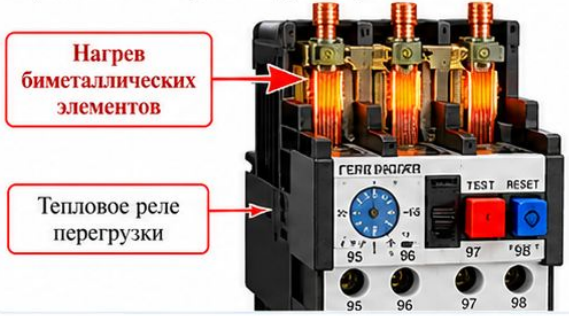
Ток двигателя

15 А

Превышение допустимого тока

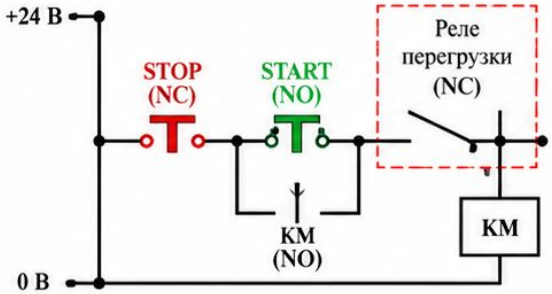
4 Нагрев реле перегрузки

Увеличенный ток проходит через тепловое реле перегрузки. Биметаллические элементы нагреваются.
Если повышенный ток сохраняется в течение определенного времени, реле срабатывает.



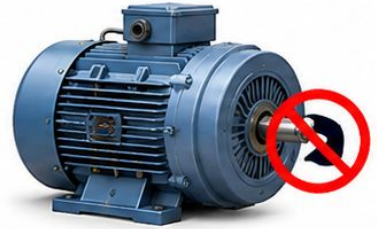
5 Срабатывание реле перегрузки

После превышения допустимого тока в течение заданного времени реле перегрузки отключает цепь управления контактором.



6 Двигатель отключается и защищен

Контактор отключается, питание двигателя снимается, и двигатель останавливается.
Реле перегрузки защищает двигатель от повреждения из-за длительного перегрева.



Двигатель остановлен

Ток двигателя

0 А

Питание отключено

Подключение контактора к PLC

Типовая последовательность:

1. Программа PLC формирует управляющую команду.
2. Цифровой выход PLC включается.
3. Через совместимую выходную цепь подаётся напряжение на катушку контактора.
4. Контактор замыкает силовые контакты.
5. Электродвигатель получает питание.

При проектировании необходимо проверить:

- Номинальное напряжение катушки контактора.
- Пусковой и удерживающий ток катушки.
- Тип выхода PLC: транзисторный или релейный.
- Допустимый ток и характер нагрузки выхода PLC.
- Необходимость промежуточного реле или интерфейсного модуля.
- Наличие устройства подавления перенапряжений на катушке.
- Защиту силовой цепи и требования электробезопасности.

Контактор, электромагнитное реле и пускатель: сравнение

Характеристика	Электромагнитное реле	Контактор	Магнитный пускатель
Основное назначение	Управление и коммутация	Коммутация силовой цепи	Управление двигателем
Типичная нагрузка	Цепи управления, сигнализации и небольшие нагрузки	Двигатели и другие силовые нагрузки	Электродвигатели
Главные силовые контакты	Не обязательно	Да	Обычно в составе контактора
Защита от перегрузки	Обычно отсутствует	Обычно отсутствует	Может входить в комплект
Управление от PLC	Да, при совместимости	Да, при совместимости	Да, при совместимости
Применение	Автоматика, логика, сигнализация	Силовая коммутация	Пуск, остановка и защита двигателей

Пример выбора контактора для электродвигателя

Условие (исходные данные)

На промышленной установке установлен трёхфазный асинхронный электродвигатель со следующими параметрами:

Номинальная мощность	5,5 кВт
Номинальное напряжение	400 В AC
Номинальный ток двигателя	11 А (принято по условию)
Управление	PLC, 24 В DC
Режим работы	Прямой пуск и остановка

Необходимо выбрать подходящий контактор.



Порядок выбора

1. **Определить категорию применения.**
   Для обычного прямого пуска и отключения работающего асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором используется категория **AC-3**.

2. **Проверить номинальный рабочий ток.**
   Контактор должен иметь допустимый рабочий ток AC-3 при 400 В не ниже **11 А**.
   Например, можно рассматривать исполнение на **12 А AC-3**, если его паспортные характеристики подтверждают пригодность.

3. **Выбрать напряжение катушки.**
   Для управления от системы **24 В DC** рассматривается контактор с соответствующей катушкой **(U_s = 24 В DC)**.

4. **Проверить дополнительные характеристики.**
   Необходимо проверить частоту коммутаций, условия окружающей среды, характеристтки цифрового выхода PLC, а также совместимость с аппаратами защиты двигателя.

5. **Выбрать защиту от перегрузки.**
   Реле перегрузки должно иметь диапазон регулировки, включающий номинальный ток двигателя **11 А**, и соответствовать выбранному контактору и двигателю.

Результат (пример выбора)



Контактор	Schneider Electric LC1D12
Номинальный ток (AC-3)	12 А
Напряжение катушки	24 В DC
Категория применения	AC-3



Реле перегрузки	Schneider Electric LRD16
Диапазон регулировки	9 – 13 А (включает 11 А)

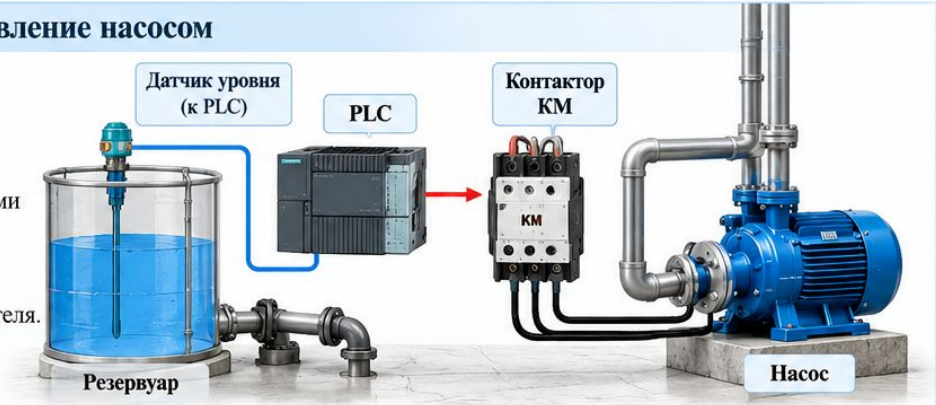
Вывод: выбор контактора выполняется не только по мощности двигателя, но и по рабочему току, напряжению, категории применения, напряжению катушки и условиям эксплуатации.

Пример 1. Автоматическое управление насосом

В резервуаре установлен датчик уровня, подключённый к PLC.

Алгоритм работы:

1. Датчик измеряет уровень воды.
2. PLC сравнивает уровень с установленными порогами.
3. При низком уровне PLC подаёт команду на включение насоса.
4. Контактор замыкает силовую цепь двигателя.
5. После достижения верхнего уровня PLC отключает контактор.



Низкий уровень
→ насос включается



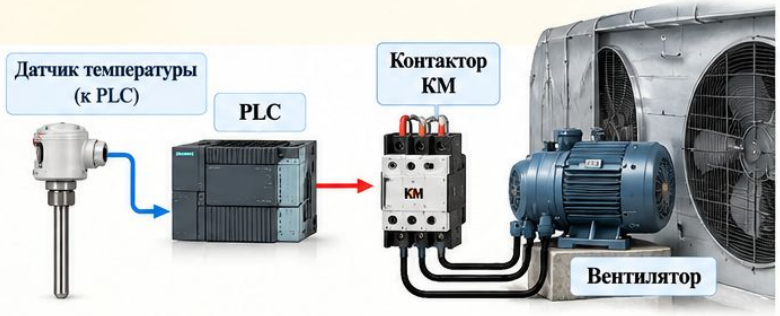
Верхний уровень
→ насос отключается



Пример 2. Управление вентиляцией

Датчик температуры измеряет температуру воздуха в производственном помещении.

При превышении установленного порога PLC включает контактор вентилятора. При снижении температуры до нижнего порога контактор отключает двигатель.



Высокая температура
→ вентилятор включается



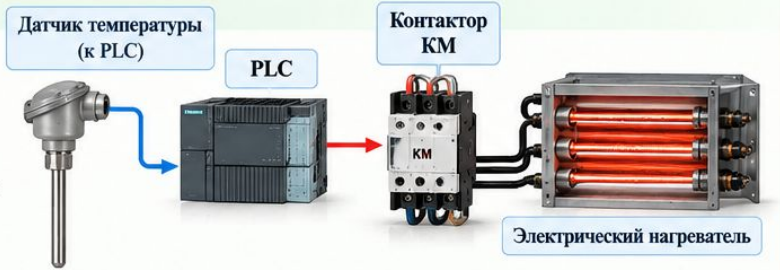
Низкая температура
→ вентилятор отключается



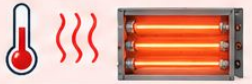
Пример 3. Управление нагревателями

PLC получает температуру от промышленного датчика и включает или отключает электрический нагреватель через контактор.

Для частой коммутации с короткими интервалами могут применяться твердотельные реле или тиристорные регуляторы, если они соответствуют требованиям нагрузки и системы.



Температура выше порога
→ нагреватель включается



Температура ниже порога
→ нагреватель отключается



Рекомендуемые источники

Для дальнейшего изучения и проверки технических характеристик:

1. IEC 60947-4-1 — стандарт на электромеханические контакторы и пускатели двигателей.
2. IEC 60947-1 — общие правила для низковольтной коммутационной аппаратуры.
3. Schneider Electric — техническая документация контакторов TeSys.
4. Siemens — документация коммутационной аппаратуры SIRIUS.
5. ABB — техническая документация контакторов и устройств защиты двигателей.

Контрольные вопросы

1. Что такое контактор?
2. Чем контактор отличается от магнитного пускателя?
3. Для чего используется катушка контактора?
4. Чем отличаются главные и вспомогательные контакты?
5. Что обозначают NO и NC?
6. Что означает категория AC-3?
7. Что такое самоподхват контактора?
8. Для чего нужно тепловое реле перегрузки?
9. Почему контактор не заменяет автоматический выключатель?
10. Как PLC управляет контактором?