ЭиУА

Дәуренов ӘД

Лекция №6. Релейные элементы автоматики

На предыдущей лекции были рассмотрены понятия:

- исполнительных устройств и их функций;
- преобразования энергии в исполнительных устройствах;
- электрических, пневматических и гидравлических приводов;
- классификации исполнительных устройств по назначению и характеру действия;
- дискретного и непрерывного управления;
- роли исполнительных устройств в системах автоматического управления.

Мы установили, что контроллер формирует управляющую команду, а исполнительное устройство обеспечивает физическое воздействие на объект управления.

Теперь рассмотрим устройства, которые позволяют автоматически переключать электрические цепи и управлять оборудованием по управляющему сигналу.

Что такое реле?

Реле — это устройство, которое при изменении входного воздействия автоматически изменяет состояние одной или нескольких выходных цепей.

Входным воздействием могут быть:

- электрический ток или напряжение;

- температура;

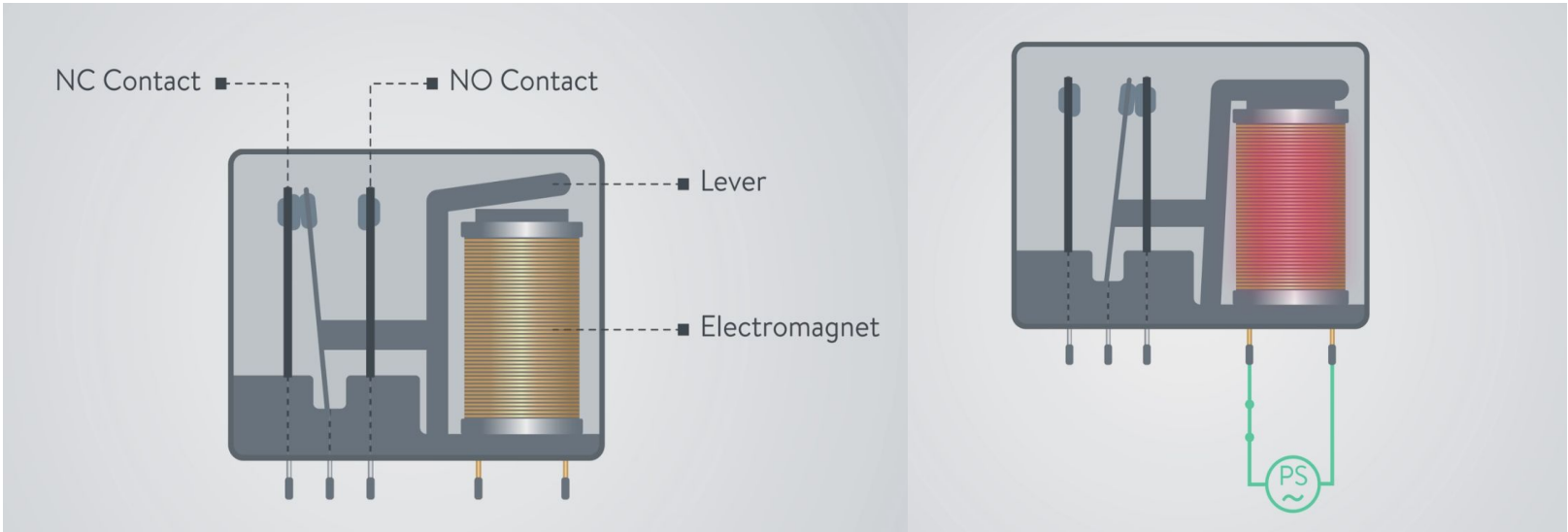
- давление воздуха;

- давление жидкости;

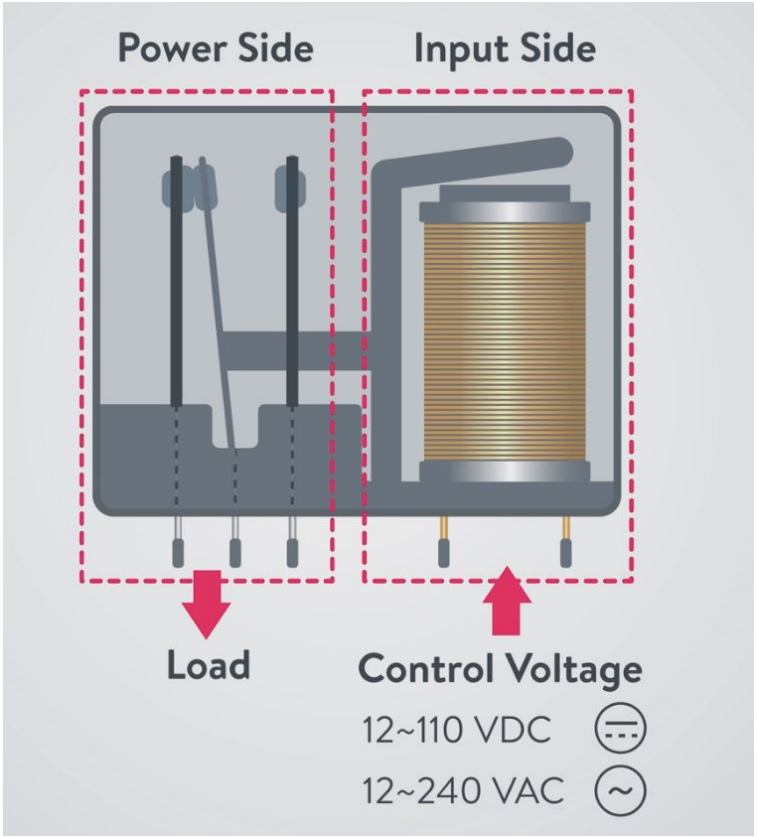
- другие физические величины.

Принцип их работы основан на использовании механического механизма, который перемещает, условно говоря, рычаг и изменяет положение электрических контактов.

Это движение обеспечивается электромагнитом.



Когда мы подаём питание на катушку электромагнита, он притягивает подвижный рычаг.



В реле есть две основные цепи: первичная и вторичная.

Управляющая цепь электромеханического реле – входная или первичная сторона реле, к которой подключается управляющее напряжение.

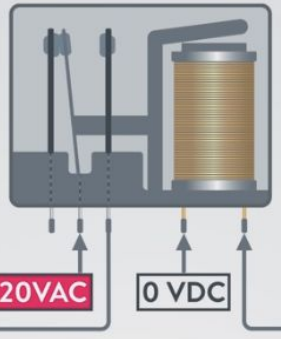
Обычно управляющее напряжение составляет:

- от 12 до 110 В постоянного тока (DC);
- либо от 12 до 240 В переменного тока (AC).

Вторичная цепь - это цепь, содержащая нагрузку, которую нужно переключать и контролировать. Когда мы говорим о нагрузке, мы имеем в виду любое устройство, которое будет потреблять электроэнергию.



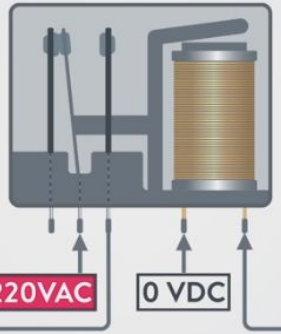
электромагнитный клапан

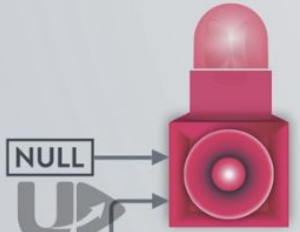




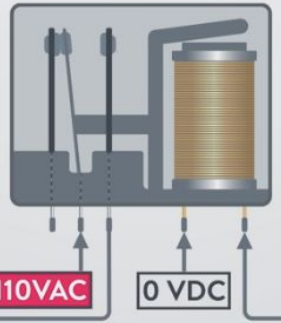


сигнальная лампа

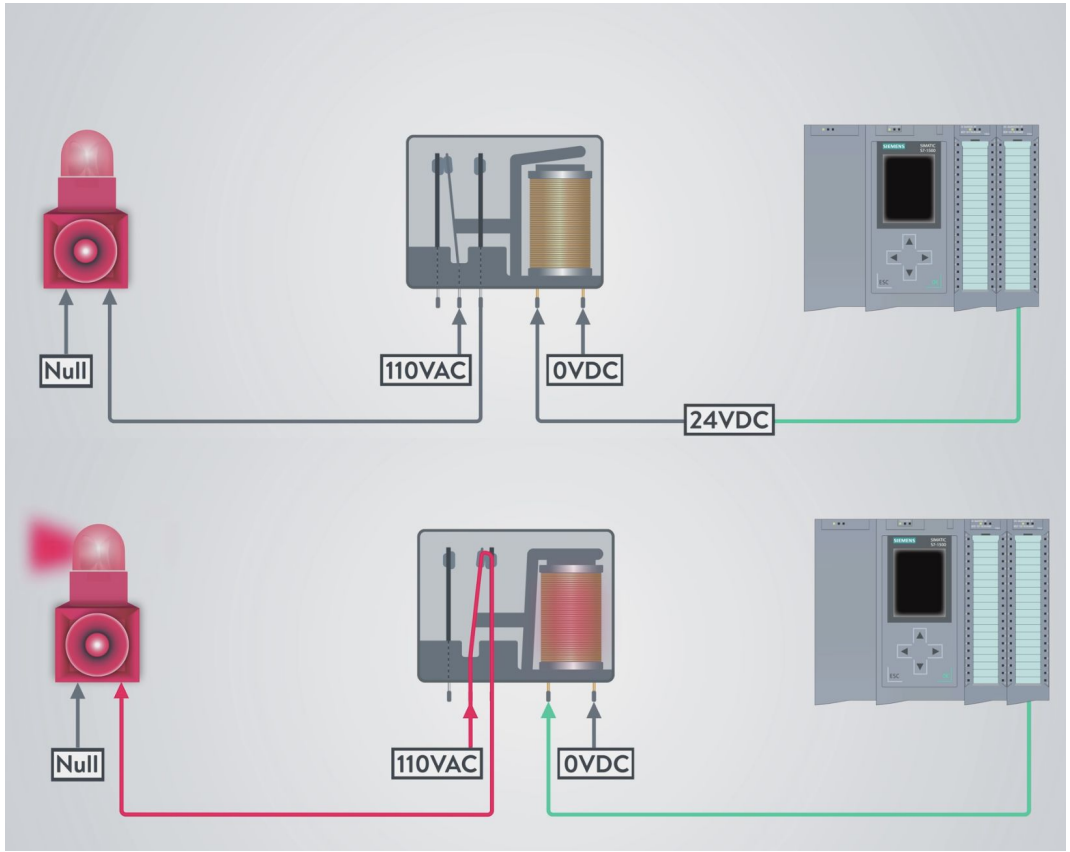




Сирена



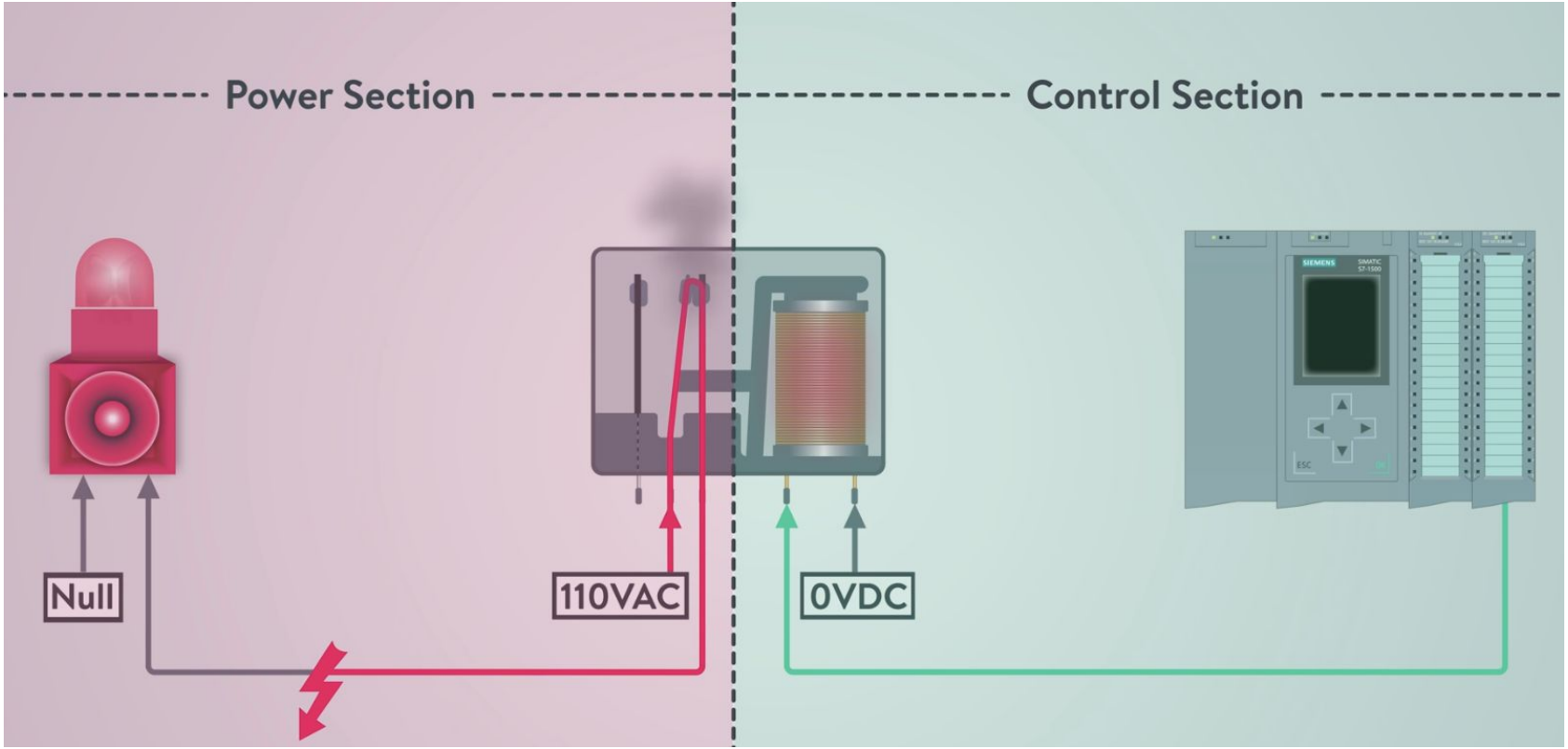
SUB NOW



Например:

- электромагнитным клапанам (Solenoid Valves);
- сигнальным лампам (Lamps);
- звуковым сиренам (Siren Alarms);
- другим аналогичным устройствам.

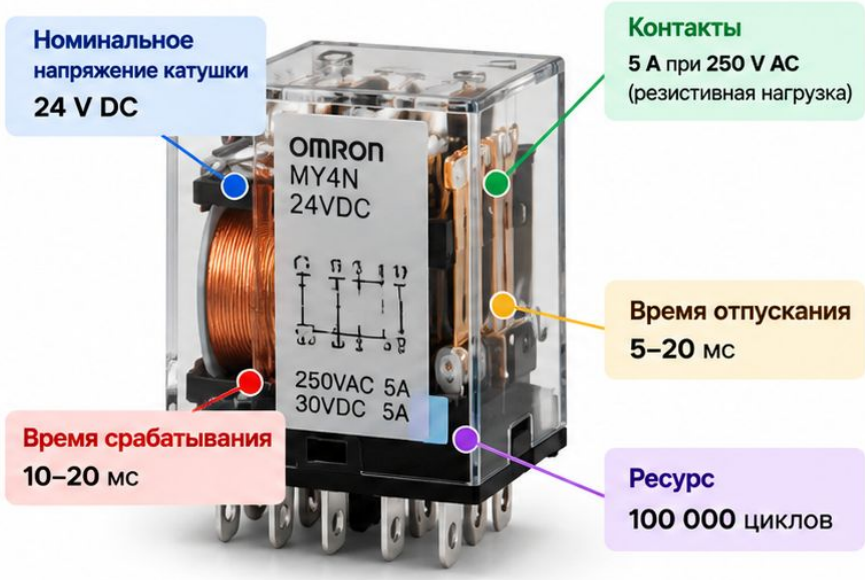
Обеспечивается гальваническая развязка, то есть электрически отделяется управляющая часть цепи от силовой. Это позволяет убрать риск повреждения выходного модуля PLC при коротком замыкании в цепи нагрузки.



https://knx24.com/news/base/kak_rabotaet_elektromagnitnoe_rele/?srsltid=AU7gw4Uw5PboaKp6iHQE8lbv0eJElJua_zYWJVzBWHSP9MT3IecDjG1O

8. Основные характеристики реле

	Характеристика	Значение / что определяет
	Номинальное напряжение катушки	Например, **12 V DC** или **24 V DC**
	Ток или мощность катушки	Определяет требования к управляющему выходу PLC
A	Номинальный ток контактов	Допустимая коммутационная нагрузка (например, **5 A**)
V	Допустимое напряжение контактов	Зависит от типа нагрузки (например, **250 V AC**)
	Время срабатывания	Задержка после подачи команды (например, **10–20 мс**)
	Время отпускания	Задержка после снятия команды (например, **5–20 мс**)
	Электрический и механический ресурс	Характеризует долговечность (например, **100 000 циклов**)



Пример: реле с катушкой 24 V DC и контактами 5 A при 250 V AC



24 V DC

(управляющий сигнал)



Коммутация

до 5 A при 250 V AC



Нагрузка

(например, лампа, двигатель, клапан и т. д.)

Конкретную допустимость коммутации всегда проверяют по паспорту устройства и категории нагрузки.

Классификация реле

Релейные элементы можно классифицировать по двум основным признакам.

1. По используемой энергии и физическому принципу действия:
   - электромагнитные;
   - тепловые;
   - пневматические;
   - гидравлические;
   - электронные (полупроводниковые).
2. По функциональному назначению:
   - промежуточные;
   - реле времени;
   - защитные;
   - контрольные;
   - коммутационные.

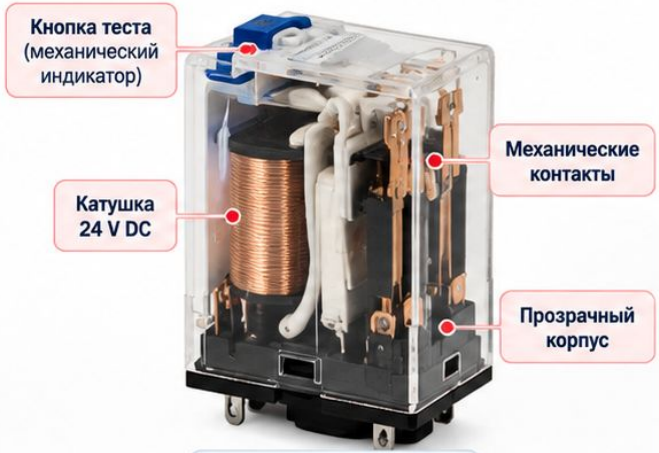
Эти классификации не исключают друг друга. Например, промежуточное реле может работать по электромагнитному принципу, а реле времени — быть электронным.

10. Электромагнитные реле — реальный пример

Пример: OMRON MY2N-GS-R DC24 Промежуточное электромагнитное реле с двумя переключающими контактами (2CO / DPDT)



Общий вид



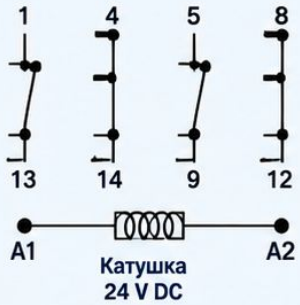
Внутреннее устройство

Основные характеристики (из паспорта)

Модель	OMRON MY2N-GS-R DC24
Напряжение катушки	24 V DC
Номинальный ток контактов	5 A (для резистивной нагрузки)
Допустимое напряжение контактов	до 250 V AC / 30 V DC
Количество контактов	2 переключающих (2CO, DPDT)
Время срабатывания	≤ 20 мс
Время отпускания	≤ 20 мс
Механический ресурс	≥ 10 000 000 циклов
Электрический ресурс (при номинальной нагрузке)	≥ 100 000 циклов

* Характеристики могут немного отличаться в зависимости от версии. Всегда проверяйте паспорт устройства.

Схема контактов (вид снизу)



Установка в колодку



Реле OMRON MY2N-GS-R DC24 в установочной колодке OMRON PYF08A-E

Типичные области применения

- Переключение цепей
- Управление сигнализациями
- Передача команд между цепями
- Реализация релейной логики

Электромагнитное реле

Электромагнитное реле — электрическое коммутационное устройство, в котором ток, проходящий через катушку, создаёт магнитное поле, вызывающее механическое переключение контактов.

Применяется для:

- переключения цепей;
- управления сигнализацией;
- передачи команд между цепями;
- реализации релейной логики.

Особенности:

- механические контакты;
- гальваническое разделение катушки и контактов у типичных конструкций;
- ограниченный ресурс контактов;
- характерный звук переключения.

1) Переключения цепей – основная функция реле. Пример: необходимо включить лампу по команде контроллера PLC.

Как это работает:

1. PLC подаёт 24 В на катушку реле.
2. Реле срабатывает и замыкает контакт NO.
3. Через контакт начинает поступать питание к лампе.
4. Лампа загорается.

Когда PLC отключает катушку, контакт размыкается и лампа гаснет.
Главная идея: реле позволяет одной электрической цепи управлять другой.

2) Управление сигнализацией – Реле часто применяется для включения аварийных ламп, сирен и других устройств оповещения. Пример: контроль температуры промышленного оборудования. Если температура достигает 80 °C, PLC включает реле. Контакты замыкают цепь питания сирены.

3) Передача команд между цепями – Представим, что PLC работает с управляющими сигналами 24 В постоянного тока, а другое оборудование имеет цепь управления 230 В переменного тока. Напрямую соединять эти цепи нельзя. Используем промежуточное реле. При подаче 24 В на катушку реле переключает контакт в другой цепи.

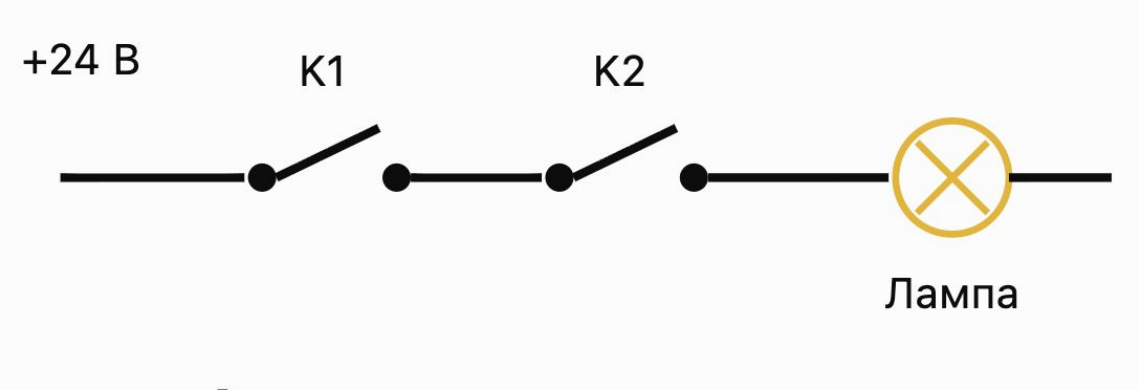
То есть реле передаёт управляющее действие, не соединяя электрически две цепи.

Это называется гальванической развязкой. Она имеется у типичного электромеханического реле между катушкой и контактами. Важно: для такой схемы контакты должны быть рассчитаны на напряжение и ток второй цепи.

4) Реализация релейной логики – До широкого распространения PLC автоматическое управление часто строили на реле. С их помощью можно реализовать логические операции AND, OR, NOT.

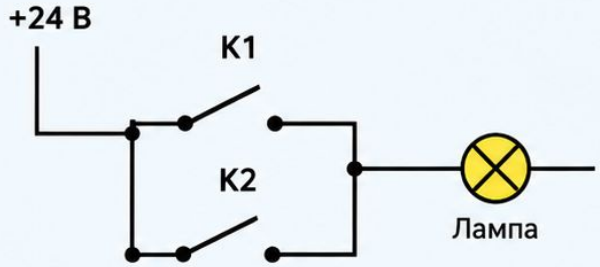
Логика AND (И)

Лампа должна включаться только тогда, когда одновременно нажаты две кнопки.



Логика OR (ИЛИ) — параллельное соединение контактов

Лампа должна включаться, если замкнут хотя бы один из двух контактов.



Два нормально разомкнутых контакта соединены параллельно.

Примеры состояний

Только K1 замкнут (K1 = 1, K2 = 0) — K1 (зелёный), K2 (красный) → Лампа **включена**

Только K2 замкнут (K1 = 0, K2 = 1) — K1 (красный), K2 (зелёный) → Лампа **включена**

Оба замкнуты (K1 = 1, K2 = 1) — K1 (зелёный), K2 (зелёный) → Лампа **включена**

Оба разомкнуты (K1 = 0, K2 = 0) — K1 (красный), K2 (красный) → Лампа выключена

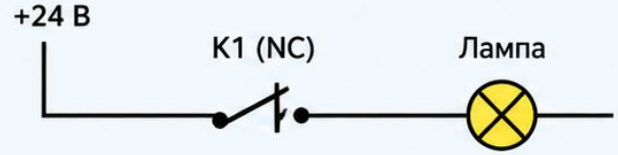
Таблица истинности OR

K1	K2	Лампа (K1 OR K2)
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

✓ Лампа включена, если замкнут хотя бы один контакт.

Логика NOT (НЕ) — нормально замкнутый контакт (NC)

Лампа должна включаться, когда контакт разомкнут (например, при срабатывании реле).



Нормально замкнутый контакт (NC):
в обычном состоянии замкнут, при срабатывании размыкается.

Примеры состояний

Реле не сработало (K1 замкнут) — K1 (NC) (красный) → Лампа **включена**

Реле сработало (K1 разомкнут) — K1 (NC) (зелёный) → Лампа выключена

Таблица истинности NOT

K1 (NC)	Лампа (NOT K1)
0 (разомкнут)	1
1 (замкнут)	0

✓ Лампа включена, когда контакт разомкнут.

Функция	Что делает реле	Пример
Переключение цепей	Замыкает или размыкает контакт	Включение лампы
Управление сигнализацией	Включает устройство оповещения	Аварийная сирена
Передача команд между цепями	Передаёт управляющее действие между разделёнными цепями	PLC 24 В → реле → цепь 230 В
Реализация логики	Объединяет условия с помощью контактов	Два контакта AND / OR

Самое главное: все четыре функции основаны на одном физическом принципе — переключении контактов. Разница заключается в том, **для какой задачи используется реле**.

Тепловые реле



Тепловое реле — устройство, в котором срабатывание происходит вслед воздействия.

В промышленной автоматике распространены биметаллические тепло предназначенные для защиты электродвигателей.

Принцип работы:

1. При протекании тока нагревается чувствительный элемент.
2. При длительной перегрузке температура элемента повышается.
3. Биметаллическая пластина деформируется.
4. Срабатывает механизм реле.
5. Переключается контакт цепи управления, вызывая отключение контактора.

Пример: электродвигатель насоса длительное время работает с перегрузкой. Тепловое реле срабатывает и разрывает цепь управления контактором.

Важно: тепловое реле перегрузки не заменяет устройство защиты от короткого замыкания.

Пневматические и гидравлические реле

Пневматические и гидравлические реле существуют, но в современной электрической автоматике значительно чаще встречаются электромагнитные, электронные реле и реле давления с электрическими контактами.







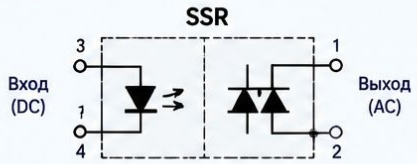
Твердотельное реле (Solid State Relay, SSR)

Твердотельное реле (SSR) — электронное коммутационное устройство, в котором переключение нагрузки осуществляется полупроводниковыми элементами без механических контактов.

Реальный пример
Fotek SSR-40 DA



Условное обозначение (схема)



Внутренняя структура (упрощённо)



Пример применения

Периодическое включение и отключение нагревательного элемента промышленной печи.



Сравнение: электромеханическое реле и SSR

Электромеханическое реле (EMR)



- Механические контакты
- Есть износ
- Скорость переключения: десятки миллисекунд
- Слышен щелчок
- Нет тока утечки

Твердотельное реле (SSR)



- Полупроводниковый ключ
- Нет механического износа
- Очень высокая скорость переключения
- Бесшумная работа
- Возможен ток утечки
- Требуется охлаждение

Основные особенности

- ✓ отсутствие механических переключающих контактов;
- ✓ высокая скорость переключения;
- ✓ бесшумная работа;
- ✓ отсутствие механического износа контактов.
- ⚠ наличие потерь мощности и возможного нагрева;
- ⚠ возможный ток утечки в выключенном состоянии.

Основные характеристики (пример: Fotek SSR-40 DA)

Параметр	Значение
Модель	Fotek SSR-40 DA
Тип выхода	AC (триак)
Номинальный ток	40 A
Допустимое напряжение нагрузки	24–380 V AC
Напряжение управления	3–32 V DC
Ток управления	7–20 mA
Ток утечки (выключено)	≤ 2 mA
Способ охлаждения	Радиатор (обязателен)

Типы SSR

SSR для переменного тока
(AC, на основе триака)



Применяется для резистивных и индуктивных нагрузок ~ 24–380 V AC.

SSR для постоянного тока
(DC, на основе MOSFET)



Применяется для нагрузок 5–200 V DC.

Сравнение реле по принципу действия

Вид реле	Основное воздействие или принцип	Пример применения
Электромагнитное	Магнитное поле катушки	Коммутация электрических цепей
Тепловое	Нагрев чувствительного элемента	Защита двигателя от перегрузки
Пневматическое	Давление сжатого воздуха	Пневматические системы управления
Гидравлическое	Давление рабочей жидкости	Контроль давления гидропресса
Электронное	Полупроводниковая коммутация	Управление нагревателями

Главный вывод: реле могут использовать различные физические принципы, но выполняют общую задачу — изменяют состояние выходной цепи или управляющего канала при определённом входном воздействии.

Классификация реле по назначению

Один и тот же тип реле может выполнять несколько функций.

Например, промежуточное реле является коммутационным устройством, а защитное реле может содержать электромагнитный или электронный механизм.

В зависимости от выполняемой функции выделяют:

- Промежуточные реле — передача и распределение управляющих команд.
- Реле времени — переключение цепей с заданной задержкой.
- Защитные реле — формирование команды при опасных или недопустимых режимах.
- Контрольные реле — наблюдение за состоянием электрических или технологических параметров.
- Коммутационные реле — включение и отключение цепей.

Промежуточные реле

Промежуточное реле получает команду от контроллера, передаёт её другим электрическим цепям, может одновременно управлять несколькими цепями и переключает контакты в зависимости от состояния катушки.

1. Передача управляющего сигнала – Это когда одна электрическая цепь передаёт команду другой цепи через реле. Например , PLC (24 В) → реле K1 → контактор KM1
PLC передал команду «ВКЛЮЧИТЬ» через промежуточное реле. При этом электрические цепи могут оставаться гальванически разделёнными.

2. Размножение управляющего сигнала – Это когда одна команда управляет сразу несколькими цепями. Например, PLC имеет один выход, но нам необходимо одновременно включить три устройства. PLC подал одну команду, а реле переключило сразу три контактные группы. Это и называется размножением сигнала. Реле не создаёт дополнительную электрическую энергию — оно позволяет использовать одну команду в нескольких цепях.

3. Переключение управляющих сигналов

Это когда реле изменяет электрическое соединение между контактами, например отключает одну цепь и включает другую.

Представим систему с двумя сигнальными лампами: зелёной и красной.

Когда катушка выключена, контакт NC замкнут и горит зелёная лампа. Когда катушка включается, NC размыкается, NO замыкается и загорается красная лампа. Это пример переключения цепей.

Реле времени

Реле времени — устройство, которое изменяет состояние выходны
контактов с заданной временной задержкой.

Применяется для:

- задержки включения оборудования;
- задержки отключения;
- последовательного запуска механизмов;
- организации технологических циклов.

Пример:

Кнопка START → реле времени (5 секунд) → включение вентилят



Защитное реле

Защитное реле — устройство, предназначенное для обнаружения недопустимых режимов работы оборудования и формирования защитного воздействия.

Примеры реальных устройств



Siemens SIRIUS 3RB3
Реле защиты двигателя (электронное)



Schneider Electric Easergy P3U
Многофункциональное реле защиты



ABB REF615
Реле защиты фидеров и трансформаторов

Контролируемые состояния

- Перегрузку по току (превышение допустимого тока)
- Повышение или снижение напряжения
- Нарушение чередования или потерю фаз
- Недопустимое давление (для гидравлических/пневматических систем)
- Другие аварийные состояния (перегрев, заклинивание, утечка и т.д.)

Пример схемы подключения (защита двигателя от перегрузки)

Принцип работы (пример: защита двигателя)

1. Реле постоянно контролирует параметры (ток, напряжение, фазы и т.д.).



Двигатель

2. При выходе параметра за установленные пределы реле срабатывает.



Превышение тока (пример)

3. Реле формирует команду на отключение.



Реле защиты

4. Отключается контактор, двигатель останавливается.



Контактор



Пример: защита двигателя

Реле защиты двигателя обнаруживает недопустимый режим (например, перегрузку по току) и выдаёт команду на отключение контактора.



Важно

- Защитное реле обычно не разрывает силовую цепь напрямую (кроме некоторых типов).
- Часто оно управляет контактором или автоматическим выключателем.
- Настройки уставок (тока, напряжения и др.) выполняются по параметрам оборудования.

Контрольные реле

Контрольные реле предназначены для наблюдения за определёнными параметрами системы и переключения выходного сигнала при выполнении заданных условий.

Примеры реальных устройств



Siemens 3UG4631
Реле контроля фаз (напряжение, чередование фаз, обрыв фазы)



RNPB-301
Многофункциональное контрольное реле (напряжение, ток, частота)



Schneider Electric RM35TF30
Реле контроля уровня жидкости



Finder 70.12
Реле контроля напряжения (однофазное)

Контролируемые параметры

- **Напряжение** (превышение / снижение)
- **Ток** (перегрузка / недогрузка)
- **Частота** (отклонение от нормы)
- **Чередование фаз** (обрыв фазы, неправильная последовательность)
- **Уровень жидкости** (заполнение / опустошение)
- **Давление** (превышение / снижение)

Пример 1. Контроль фаз (обрыв фазы)



Реле контроля фаз

При пропадании одной из фаз контрольное реле размыкает выходной контакт, и система управления отключает двигатель или включает сигнализацию.

Пример 2. Контроль уровня жидкости



Датчики уровня — Контрольное реле

При достижении заданного уровня реле переключает выходной контакт, например, для включения или отключения насоса.

Пример 3. Контроль напряжения



Finder 70.12

При выходе напряжения за допустимые пределы (повышение или снижение) реле переключает выходной контакт.

Значение релейных элементов в автоматике

Релейные элементы обеспечивают:

- автоматическое включение и отключение электрических цепей;
- передачу управляющих команд;
- реализацию дискретной логики;
- контроль состояния оборудования;
- выполнение защитных функций;
- взаимодействие контроллеров с другими электрическими устройствами.

Реле широко применяются в системах управления электродвигателями, насосами, вентиляторами, технологическими установками и промышленной сигнализацией.

Главный вывод: релейные элементы являются важными устройствами автоматизации, позволяющими переключать управляющие и электрические цепи в зависимости от поступающих сигналов или контролируемых физических параметров.

Контрольные вопросы

Что такое реле?
Какие функции выполняют релейные элементы?
Из каких частей состоит электромагнитное реле?
Как работает электромагнитное реле?
Что означают контакты NO, NC и COM?
Какие основные характеристики учитываются при выборе реле?
По каким признакам классифицируются реле?
Чем электромагнитное реле отличается от теплового?
Как работает пневматическое реле?

Где применяются гидравлические реле?
Чем твердотельное реле отличается от электромагнитного?
Что такое промежуточное реле?
Что означает размножение управляющего сигнала?
Для чего необходимо реле времени?
Какие функции выполняют защитные реле?
Чем контрольное реле отличается от промежуточного?
Как реле взаимодействует с PLC?
Почему для управления электродвигателем часто используют контактор?