

# Часть 2

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИКИ (ТСА)**

# Функции ТСА

Технические средства автоматизации выполняют следующие функции:

1. сбор и преобразование информации о состоянии процесса;
2. передачу информации по каналам связи;
3. преобразование, хранение и обработку информации;
4. формирование команд управления в соответствии с выбранным законом (алгоритмом);
5. воздействие на управляемый процесс с помощью исполнительных механизмов.

# Классификация ТСА

По выполняемой функции ТСА делятся на:

1. Первичные преобразователи – датчики.
2. Усилители.
3. Управляющие устройства.
4. Исполнительные устройства.

# датчики

- Первичный преобразователь – чувствительный элемент, преобразующий измеряемые параметры среды в электрический сигнал.
- Датчик – законченное изделие на основе первичного преобразователя, включающее, в зависимости от потребности, устройства усиления сигнала, линеаризации, калибровки, аналого-цифрового преобразования и интерфейса для интеграции в системы управления.
- Понятие датчик близко к понятиям измерительный инструмент и измерительный прибор, но показания этих приборов в основном читаются человеком, а датчики, как правило, используются в автоматическом режиме.

# Классификация датчиков

По виду выходных величин:

- активные (генераторные);
- пассивные (параметрические).

Пример активного датчика – активный датчик движения ИК-барьер АВТ-100; работает на принципе разнесенных датчиков: приемника и передатчика. Передатчик посылает невидимый инфракрасный луч на приемник, при прерывании сигнала срабатывает сигнал тревоги.

Пример пассивного датчика – ИК датчик движения, обнаруживающий присутствие человека. Принцип работы основан на отслеживании уровня ИК-излучения в поле зрения датчика.

# Классификация датчиков

## По измеряемому параметру:

- датчики давления;
- расхода;
- уровня;
- температуры;
- концентрации ;
- перемещения;
- угла поворота;
- фотодатчики и др.

# Классификация датчиков

## По принципу действия:

- оптические (фотодатчики);
- магнитоэлектрические (на основе эффекта Холла);
- пьезоэлектрические;
- тензопреобразователи;
- емкостные;
- потенциометрические;
- индуктивные.

# Классификация датчиков

## По характеру выходного сигнала:

- дискретные;
- аналоговые;
- цифровые;
- импульсные.

## По среде передачи сигналов:

- проводные;
- беспроводные.

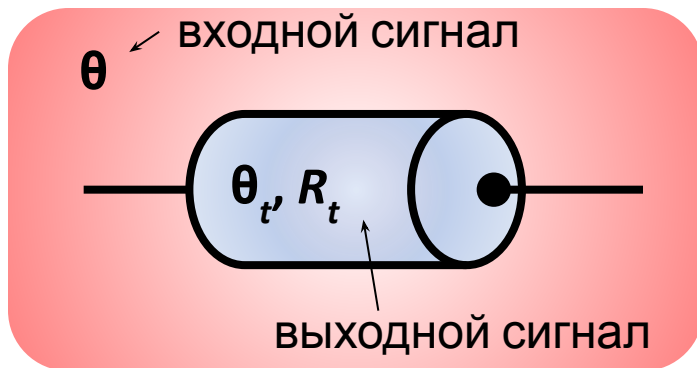


# Основные характеристики датчиков

Выбирая датчики, надо учитывать следующие их характеристики:

- функциональную зависимость между входным и выходным сигналом – статическую характеристику датчика;
- чувствительность;
- порог чувствительности – наименьшее изменение входной величины, вызывающее изменение величины выходного сигнала;
- погрешности датчика (основная и дополнительная);
- динамические характеристики, определяющие поведение датчика при быстрых изменениях входной величины.

# Статическая характеристика датчика

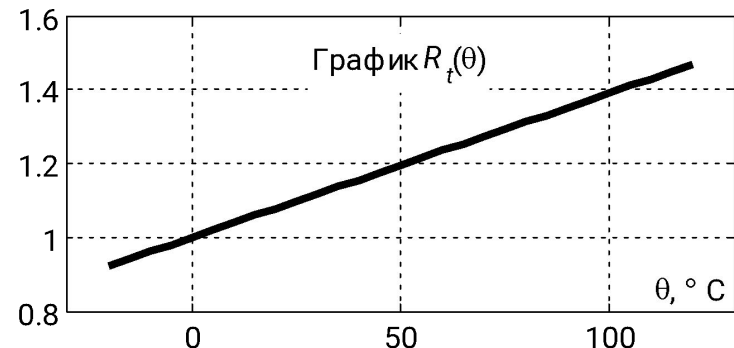


Пример – термосопротивление:  
сопротивление металла линейно  
зависит от температуры:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + A \cdot \theta_t),$$

где  $A \approx 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  (для Pt100).

$\Theta, \text{ } ^\circ\text{C}$	$R_t, \text{ кОм}$
0	1
20	1.078
40	1.156
60	1.234
80	1.312



# Чувствительность датчика

- Чувствительность датчика – это отношение изменения выходного сигнала  $y$  к изменению входного сигнала  $x$ :

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

- Чувствительность датчика зависит от вида его статической характеристики  $y = f(x)$ . Желательно, чтобы характеристика была линейной. У датчиков с линейной характеристикой чувствительность постоянна во всем диапазоне измерений, что дает возможность делать шкалу прибора равномерной

# Динамическая характеристика датчика

- Динамическая характеристика (инерционность) – определяет, как быстро датчик реагирует на изменения входного сигнала.
- Динамическая характеристика обычно определяется значениями постоянной времени  $T$  и временем запаздывания  $\tau$ .

# Омические датчики

Омические (резистивные) датчики – принцип действия основан на изменении их активного сопротивления при изменении длины  $l$ , площади сечения  $S$  или удельного сопротивления  $\rho$ :

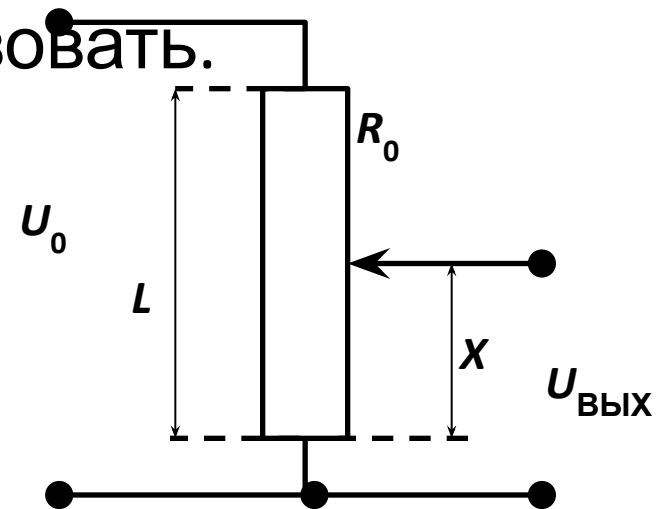
$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}.$$

Омические датчики делятся на:

- потенциометрические;
- тензометрические;
- угольные.

# Омические датчики (потенциометрические)

- Представляют собой резистор с изменяющимся активным сопротивлением. Входной величиной датчика является перемещение контакта, а выходной – изменение его сопротивления. Подвижный контакт механически связан с объектом, перемещение (угловое или линейное) которого необходимо преобразовать.



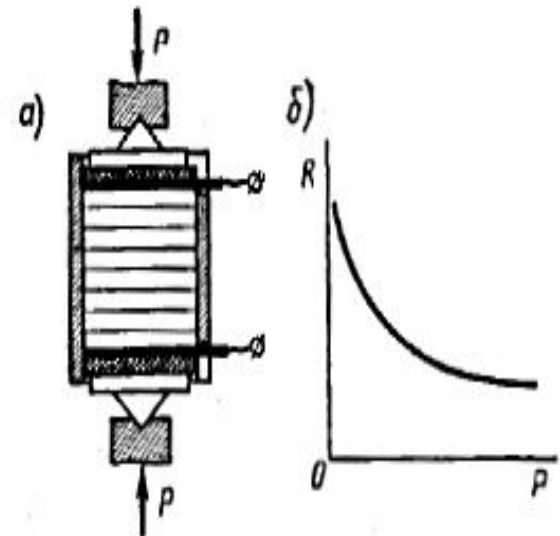
# Омические датчики (тензометрические)

- Служат для измерения механических напряжений, небольших деформаций, вибрации. Действие тензорезисторов основано на тензоэффекте, заключающемся в изменении активного сопротивления проводниковых и полупроводниковых материалов под воздействием приложенных к ним усилий.
- Пример – тензометрический датчик веса.



# Омические датчики (угольные)

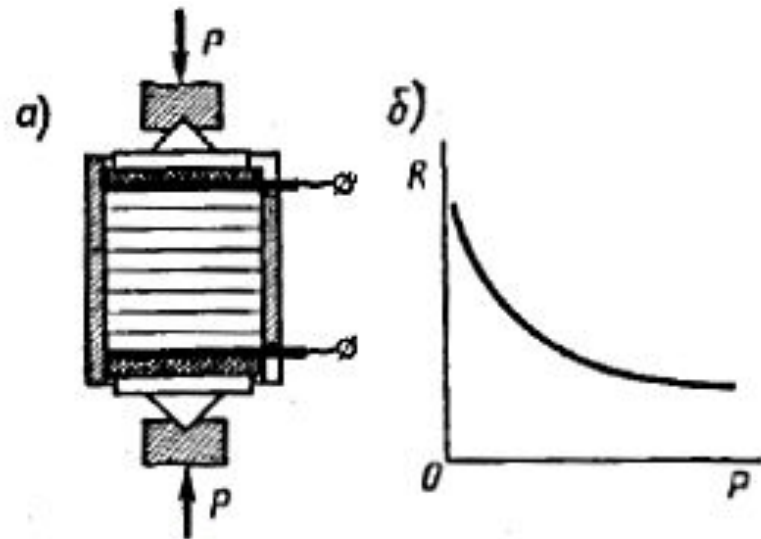
- Угольный датчик – для измерения силы. Преобразует передаваемое на него усилие в электрическое сопротивление.
- Угольный датчик собирается из графитовых дисков в столбик. На концах столбика располагаются контактные диски и упоры, через которые передается давление на диски.





# Омические датчики (угольные)

- Электрическое сопротивление угольного датчика состоит из сопротивления самих дисков и переходных контактных сопротивлений между угольными дисками.
- Величина переходного сопротивления зависит от сжимающей силы. Чем сильнее сжимаются угольные диски, тем меньше контактное сопротивление.



# Электромагнитные датчики

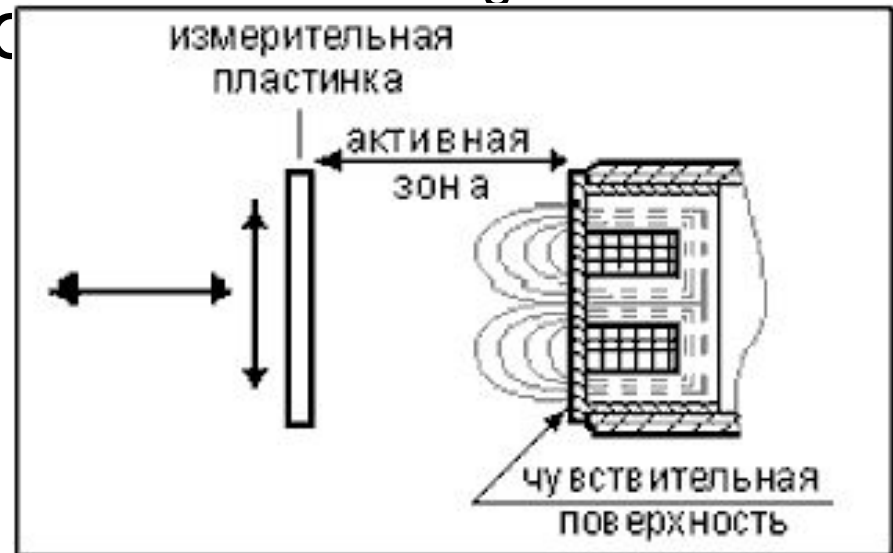
Электромагнитные датчики основаны на использовании зависимости характеристик магнитной цепи (магнитного сопротивления, магнитной проницаемости, магнитного потока и др.) при механическом воздействии на элементы этой цепи.

Делятся на:

- индуктивные;
- трансформаторные;
- магнитоупругие.

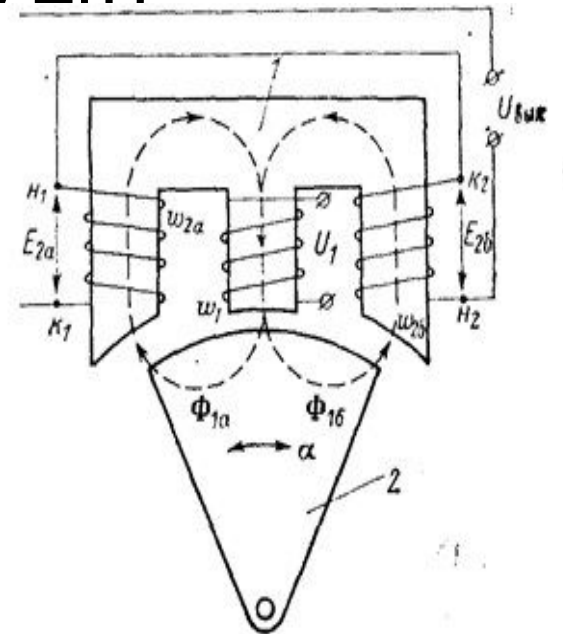
# Электромагнитные датчики (индуктивные)

- Принцип действия основан на изменении амплитуды колебаний генератора при изменении ширины воздушного зазора активной зоны.
- Выходным параметром является изменение индуктивности (или полного сопротивления) обмотки сердечника.



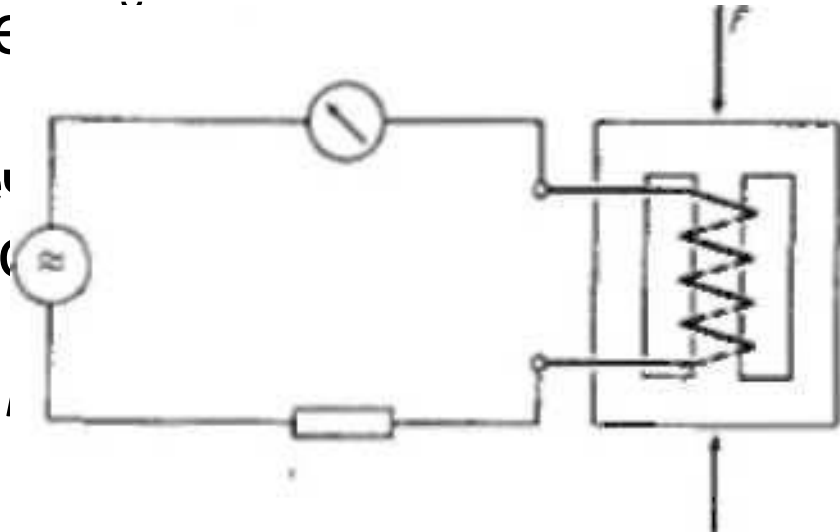
# Электромагнитные датчики (трансформаторные)

- Трансформаторный датчик можно рассматривать как трансформатор, у которого коэффициент трансформации изменяется за счет изменения коэффициента взаимной индуктивности  $M$  между его обмотками.
- Такие датчики применяются для преобразования в электрический сигнал (напряжение переменного тока) небольших линейных и угловых перемещений.



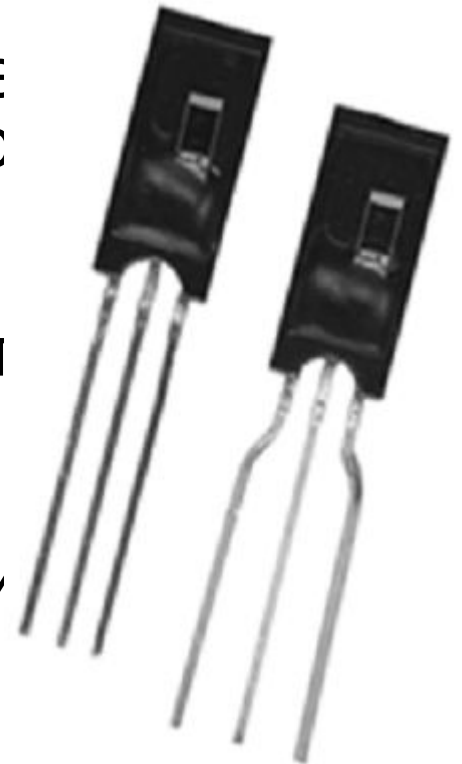
# Электромагнитные датчики (магнитоупругие)

- Магнитоупругий датчик – измерительный преобразователь механических усилий (деформаций) или давления в электрический сигнал. Действие основано на использовании зависимости магнитных характеристик некоторых материалов (например, пермаллоя, инвара) от механических напряжений.
- Рабочий элемент – магнитопровод (сердечник) магнитная проницаемость которого зависит от приложенного усилия.



# Ёмкостные датчики

- В ёмкостном датчике изменение измеряемой величины преобразуется в изменение ёмкости конденсатора.
- Ёмкостные датчики получили широкое распространение там, где необходимо контролировать появление слабопроводящих жидкостей, например воды. Это датчики влажности уровня жидкости, датчики дождя в автомобилях.
- Пример – ёмкостной датчик влажности НН-4000.



# Датчики уровня

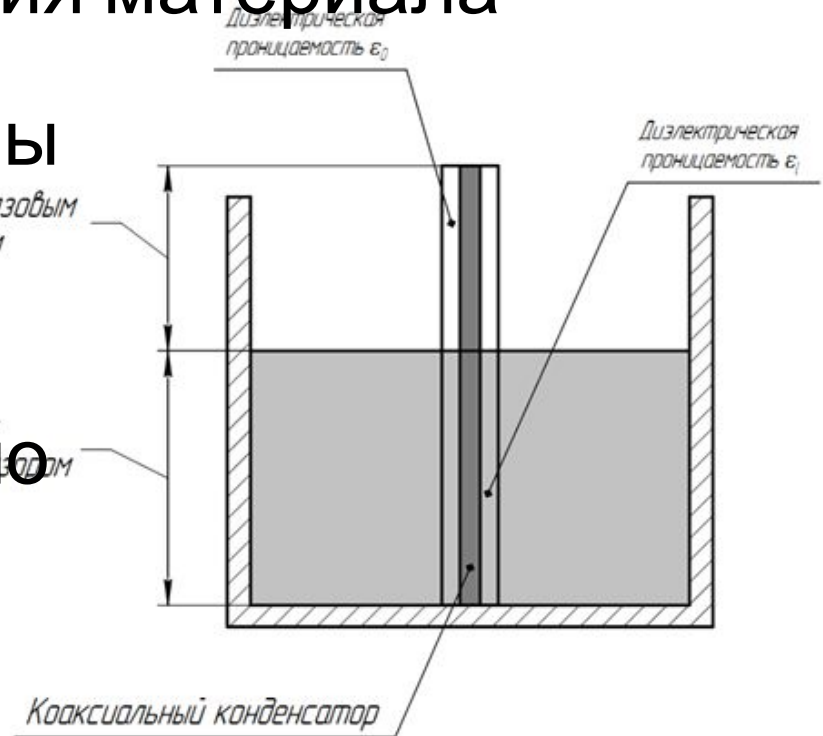
Датчики уровня – это устройства, позволяющие отслеживать количество жидкого или сыпучего вещества по уровню его поверхности в некоторой ёмкости.

По принципу действия датчики уровня бывают:

- емкостные;
- поплавковые;
- радарного типа;
- ультразвуковые;
- гидростатические;
- вибрационные.

# Ёмкостной Датчик уровня

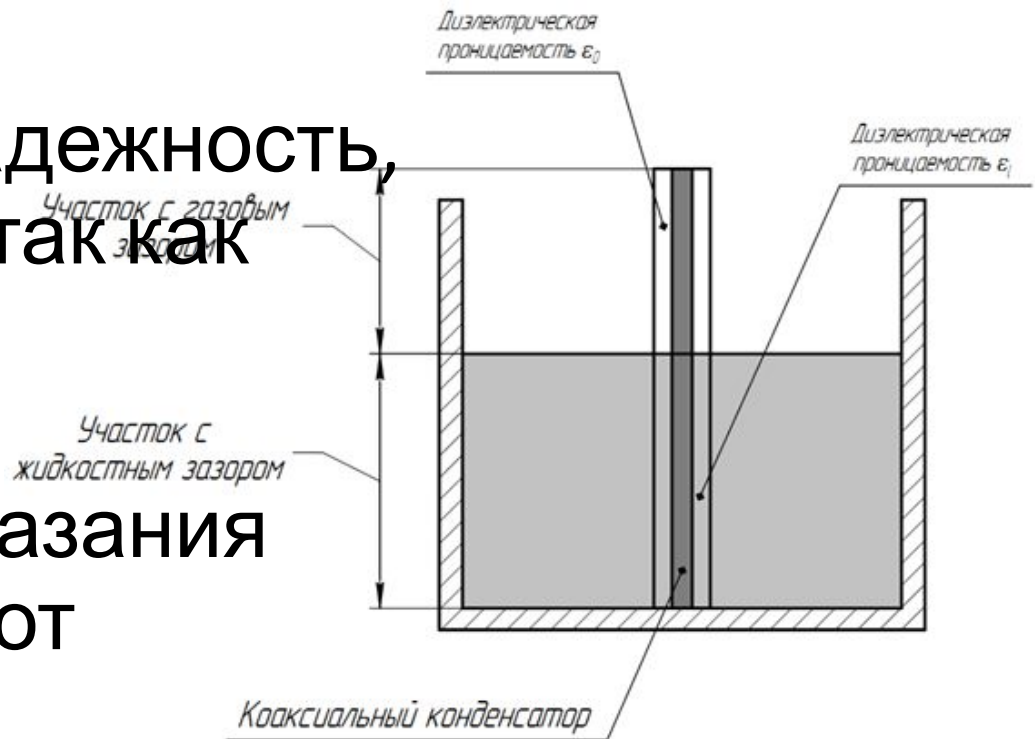
- В основе работы – свойство конденсатора изменять свою ёмкость при изменении состава и распределения материала диэлектрика, разделяющего пластины конденсатора.
- Конденсатор помещён в жидкость, которая может свободно проникать в пространство между пластинами.





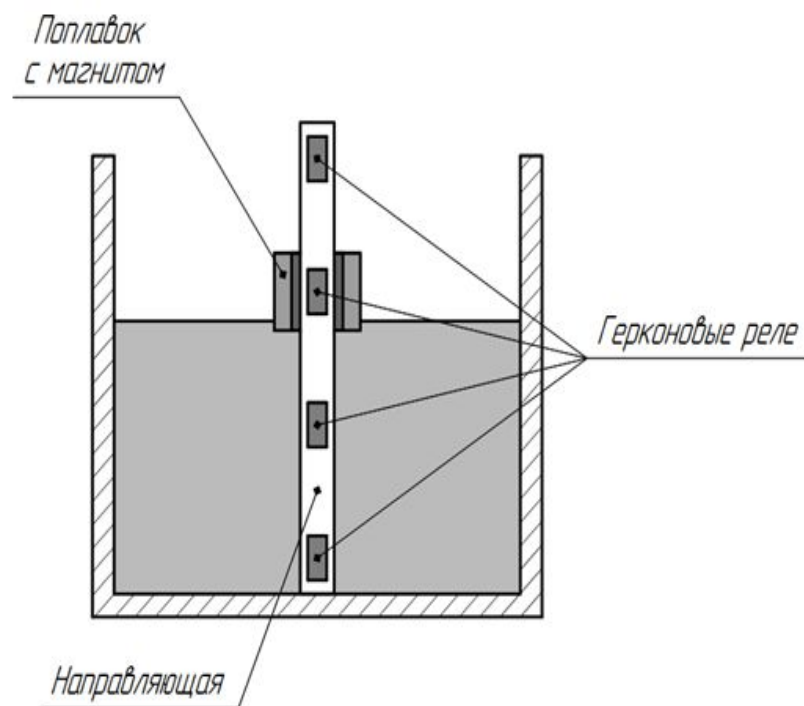
# Ёмкостной Датчик уровня

- При изменении уровня жидкости изменятся суммарная ёмкость конденсатора.
- Достоинства: надёжность, долговечность, так как нет подвижных элементов.
- Недостаток: показания сильно зависят от температуры.



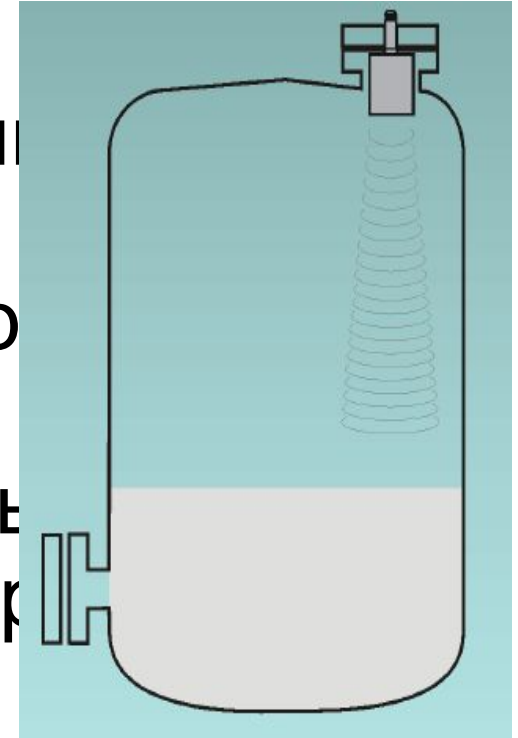
# Поплавковый датчик уровня (дискретный)

- Вдоль направляющей вслед за уровнем жидкости перемещается поплавок, содержащий постоянный магнит.
- Внутри направляющей имеются герконовые реле.
- Приближение поплавка к герконовому реле вызывает его срабатывание.
- Датчик сообщает, достиг ли уровень жидкости конкретной отметки или нет.



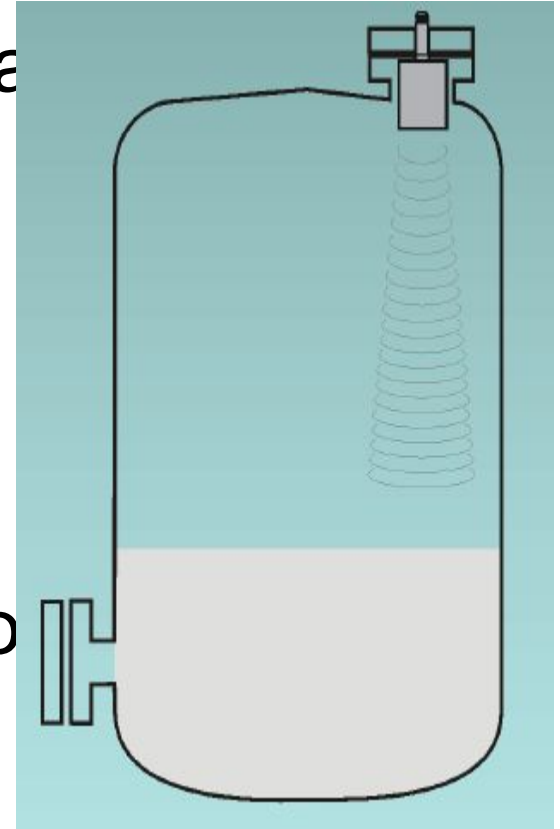
# Ультразвуковые датчики уровня

- Встроенные электронные схемы генерируют ультразвуковой импульс, который проходит через воздух в резервуаре. Импульс отражается от границы жидкость/воздух назад к сенсору. За счет измерения времени за которое возвращается отраженный сигнал вычисляется расстояние до жидкости в резервуаре.



# датчики уровня радарного типа

- По принципу работы – похожи на ультразвуковые датчики.
- В отличие от ультразвуковых датчиков испускается электромагнитный импульс радиодиапазона.
- Достоинства: нет подвижных элементов, нет контакта с жидкостью, работа с любой жидкостью, точность.
- Недостаток: высокая цена.



# Гидростатические датчики уровня

- Гидростатические датчики уровня представляют собой датчик давления, который находится на дне резервуара и измеряет давление воды. Данное давление прямо пропорционально уровню воды.
- Гидростатические датчики измеряют текущее значение уровня. Применяются для измерения уровня как чистой воды, так и для сточных вод.



# Вибрационные датчики уровня

- Вибрационный датчик уровня состоит из вилки (чувствительный элемент) и преобразователя.
- Принцип работы: вибрационная вилка вибрирует под пьезоэлектрическим воздействием на своей механической резонансной частоте (измеряется встроенной электроникой). Если зонд покроется загружаемым материалом - жидкостью или сыпучими продуктами, то это приведет к изменению частоты и амплитуды колебаний, что зафиксирует электроника.



# Датчики давления

По принципу работы датчики давления бывают:

- тензометрические;
- пьезорезистивные;
- емкостные;
- индуктивные, резонансные и др.

# Тензометрические датчики

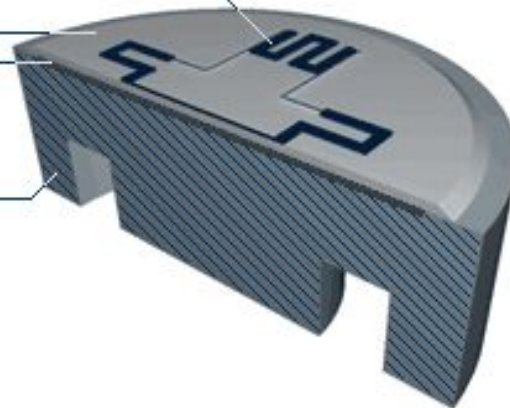
## ПАРПАЦИЯ

тензорезисторы

сапфировая подложка

серебросодержащий припой

титановая мембрана



- Чувствительный элемент – мембрана с тензорезисторами, соединенными в мостовую схему.
- Под действием давления измеряемой среды мембрана прогибается, тензорезисторы меняют свое сопротивление, что приводит к разбалансу моста.



# Пьезорезистивные датчики давления

- Чувствительный элемент – включенный в мостовую схему пленочный пьезорезистор.
- Пьезорезистор – изменяет свое сопротивление в зависимости внешнего давления (*не путать тензорезистором – там сопротивление изменяется в зависимости от деформации самого элемента*).



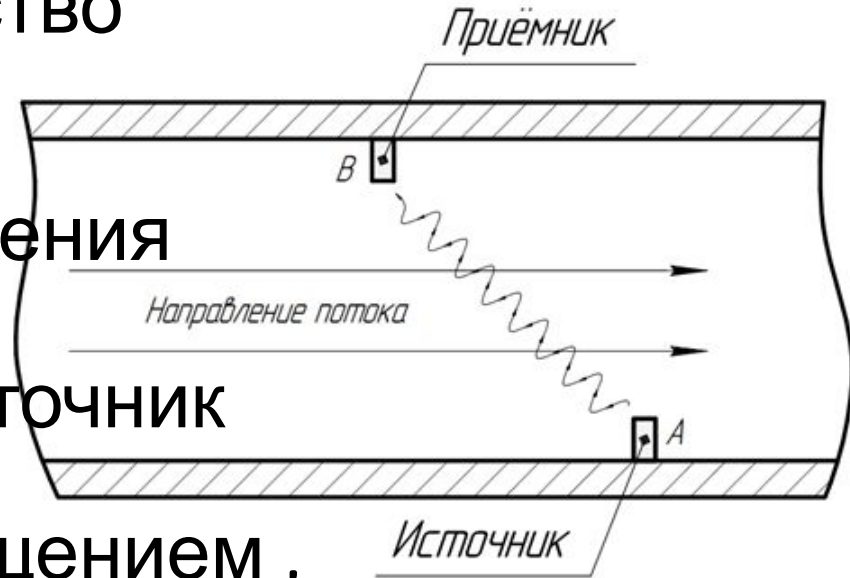
# Емкостной датчик давления



- Принцип – изменение емкости конденсатора при изменении расстояния между обкладками под действием давления (мембрана прогибается).
- Достоинства: простота, точность.
- Недостаток: нелинейная зависимость между давлением и емкостью.

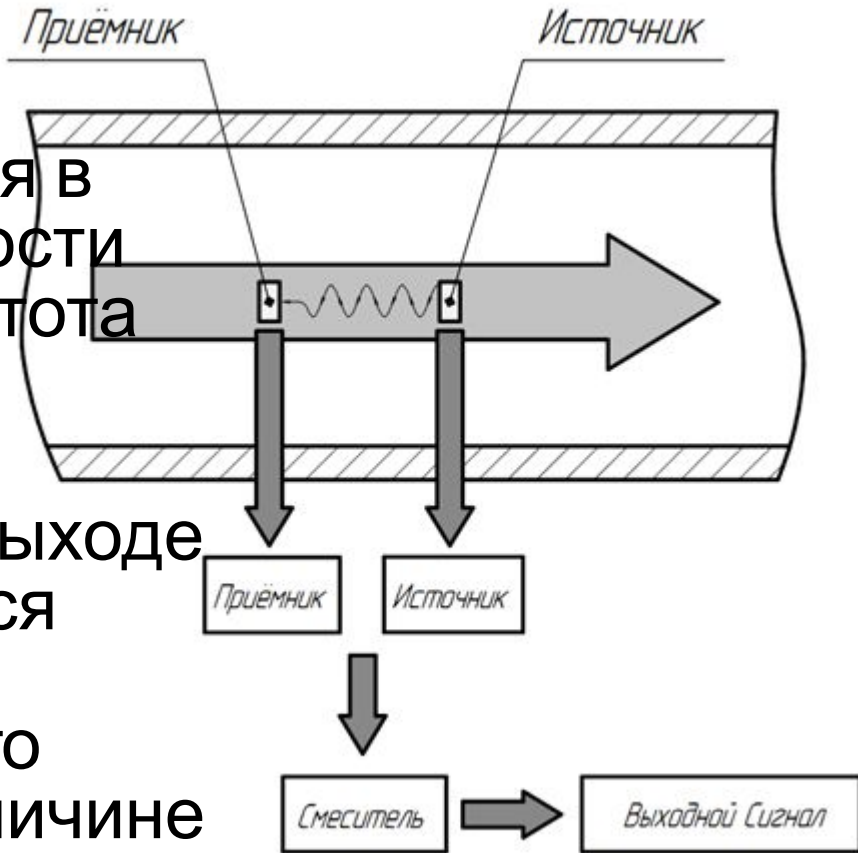
# Датчики расхода (расходомеры)

- Используется свойство звуковых волн изменять скорость своего распространения в подвижной среде.
- Если установить источник (А) и приёмник (В) ультразвука со смещением, то о скорости потока можно судить по изменению скорости распространения звуковой волны вдоль отрезка АВ.



# Расходомер на эффекте Допплера

- Частота ультразвука, которую фиксирует приёмник, изменяется в зависимости от скорости потока, исходная частота источника остаётся неизменной.
- Частота сигнала на выходе из смесителя является разностью частот исходного и принятого сигнала – по этой величине можно однозначно судить о локальной скорости вещества в потоке.



# Электромагнитный расходомер

- Если жидкость проводит ток, её перемещение поперёк линий магнитного поля приведёт к возникновению ЭДС, пропорциональной скорости потока.
- Электромагниты установлены так, чтобы линии магнитного потока были перпендикулярны перемещению жидкости по трубе.
- Электроды фиксируют наведенную движением потока ЭДС.

# Фотоэлектрические датчики

- Фотоэлектрические датчики (фотодатчики) используются в автоматике для преобразования в электрический сигнал различных неэлектрических величин: механических перемещений, скорости размеров движущихся деталей, температуры, освещенности, прозрачности жидкой или газовой среды и т. д.
- Фотодатчик в общем случае состоит из фотоэлектрического первичного преобразователя (фотоэлемента), источника света и оптической системы.

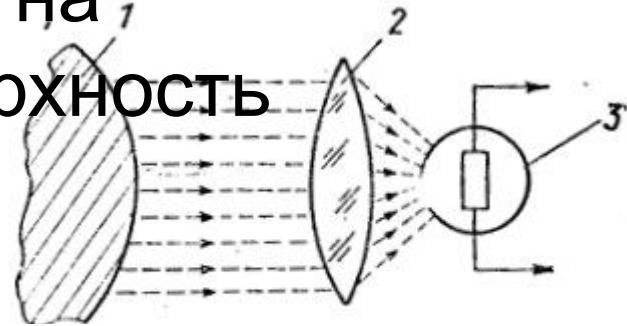
# Фотоэлектрические датчики

- Фотодатчики, у которых световой поток изменяется за счет перемещения объекта управления или изменения размеров объекта.
- Источник света  $1$  и оптическая система  $2$  формируют параллельный и равномерный световой поток  $\Phi$ .
- В этом световом потоке помещается деталь  $3$  или заслонка  $4$ , связанная механически с ОУ и перекрывающая часть светового потока. При изменении размера детали  $d$

**Пример: датчик, регистрирующий прохождение человека через турникет метро.**

# Фотоэлектрические датчики

- Фотодатчики, у которых световой поток создается объектом управления.
- Световой поток, излучаемый ОУ, содержит информацию об управляемой величине объекта 1. Оптическая система 2 собирает и фокусирует световой поток на светочувствительную поверхность фотоэлемента 3.
- Пример: датчик наличия пламени в топке.

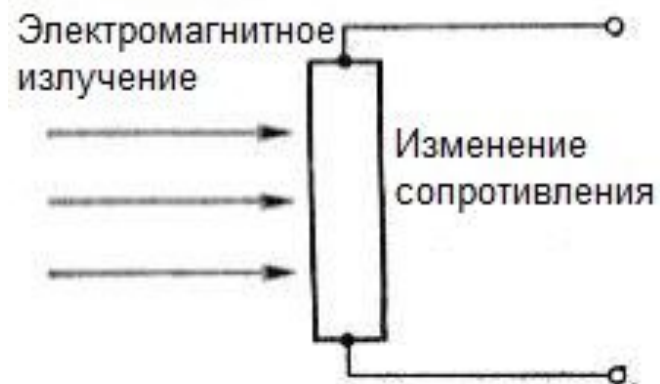




# Фотоэлектрические первичные преобразователи

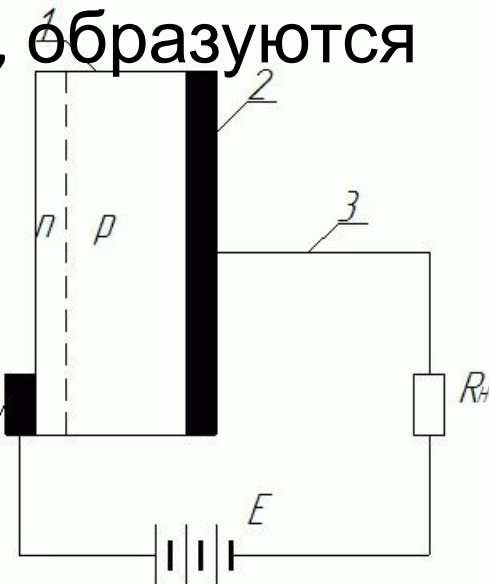


- Фотоэлектрические первичный преобразователь (чувствительный элемент основной элемент фотодатчика, который непосредственно превращает свет в электрический сигнал.
- Фоторезистор: его сопротивление изменяется в зависимости от интенсивности падающего на него излучения.



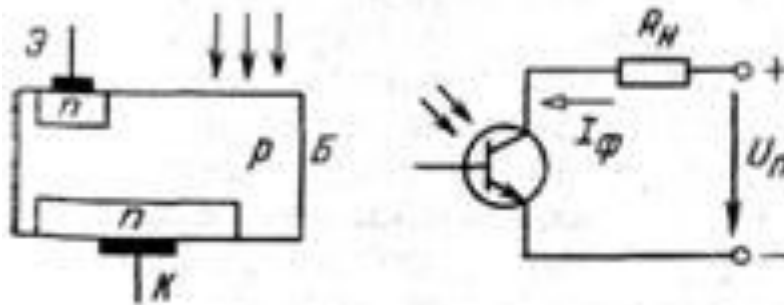
# Фотоэлектрические первичные преобразователи

- Фотодиод – полупроводниковый диод, в котором оптического излучения поглощается в области р-п – перехода. Работа основана на фотовольтаическом эффекте.
- При поглощении излучения связанные электроны и дырки разрываются, образуются свободные электроны и дырки. Свободные дырки «уходят» в р-область и далее к «минусу» источника, свободные электроны – в n-область и далее к «плюсу». Возникает фототок, сила которого зависит от интенсивности излучения.



# Фотоэлектрические первичные преобразователи

- Фототранзистор – фотогальванический приемник излучения с внутренним усилением, который имеет структуру транзистора.
- Световой поток поглощается в базе, где при этом генерируются пары носителей заряда. В результате этого происходит усиление тока коллектора. Коэффициент усиления пропорционален интенсивности падающ



# Управляющие устройства автоматики

- Программируемый логический контроллер – микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами (датчиками, реле и др.).
- Функция ПЛК в системе автоматике – управляющее устройство.
- ПЛК считывает сигналы датчиков, анализирует их и в соответствии с заданной программой (алгоритмом, законом регулирования) вырабатывает управляющие сигналы для исполнительных механизмов (реле, эл.-двигателей).



# ТИПЫ ПЛК

Основным показателем ПЛК является количество каналов ввода-вывода. По этому признаку ПЛК делятся на следующие группы:

- нано-ПЛК (менее 16 каналов);
- микро-ПЛК (более 16, до 100 каналов);
- средние (более 100, до 500 каналов);
- большие (более 500 каналов).



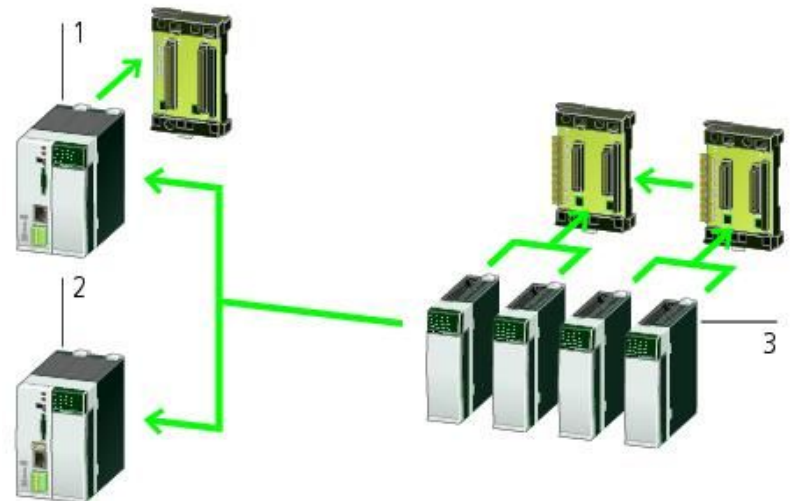
# ТИПЫ ПЛК

- По расположению модулей ввода-вывода ПЛК бывают:
  - 1. Моноблочные: модули ввода-вывода соединены в единое целое с контроллером.
  - 2. Модульные: общая корзина (шасси), в которой располагаются центральный процессор и сменные модули (слоты) ввода-вывода; состав модулей выбирается пользователем в зависимости от решаемой задачи. Типовое количество слотов для сменных модулей - от 8 до 32.



# ТИПЫ ПЛК

- По расположению модулей ввода-вывода ПЛК бывают:
- 3. Распределенные: модули ввода-вывода выполнены в отдельных корпусах, соединяются с модулем контроллера по сети (обычно на основе интерфейса RS-485) и могут быть расположены на расстоянии до 1,2 км от процессорного модуля.



# ТИПЫ ПЛК

По конструктивному исполнению и способу крепления контроллеры делятся на:

1. Панельные (для монтажа на панель дверцу шкафа).
2. Для монтажа на DIN-рейку внутри шкафа.
3. Для крепления на стене.



1.

Панельный  
контроллер



2.

для монтажа  
(обычно)



4.

на DIN-рейке  
монтаж



5.



# ТИПЫ ПЛК

По способу программирования контроллеры  
бывают:

- программируемые с лицевой панели контроллера;
- программируемые переносным программатором;
- программируемые с помощью дисплея, мыши и клавиатуры;
- программируемые с помощью персонального компьютера.

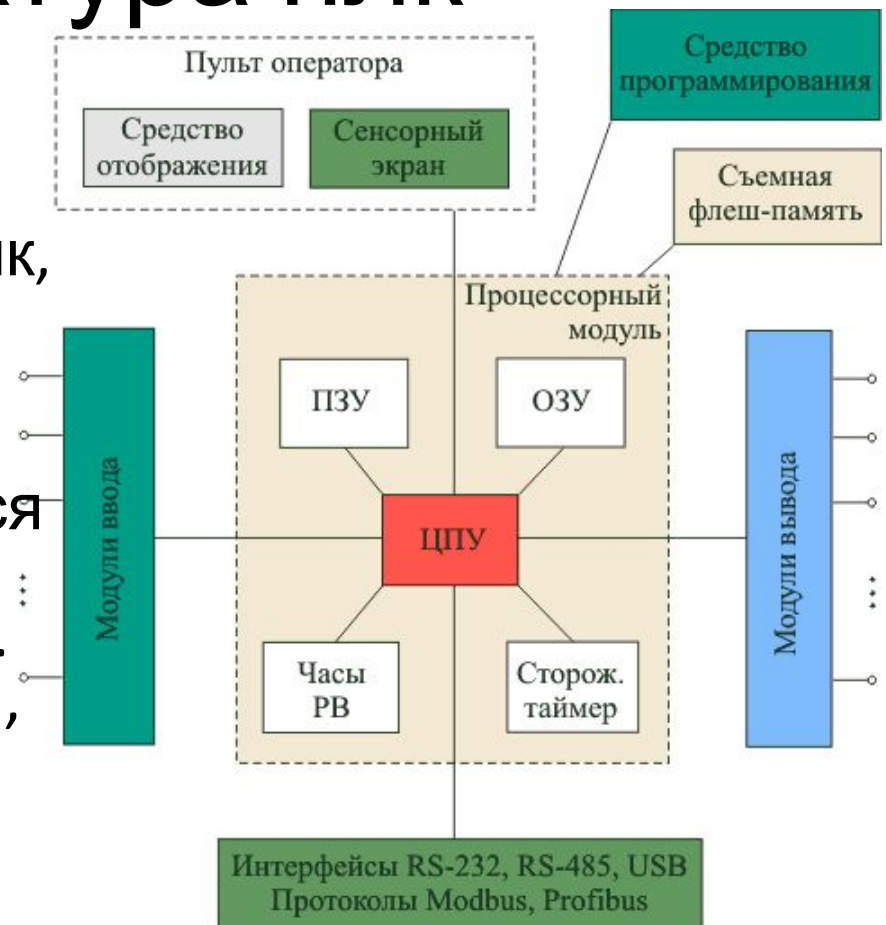
# Архитектура плк

- Архитектура ПЛК – это набор его основных компонентов и связей между ними.
- Типовой состав ПЛК включает центральный процессор (ЦПУ), память (ОЗУ, ПЗУ), сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода, иногда – пульт оператора.



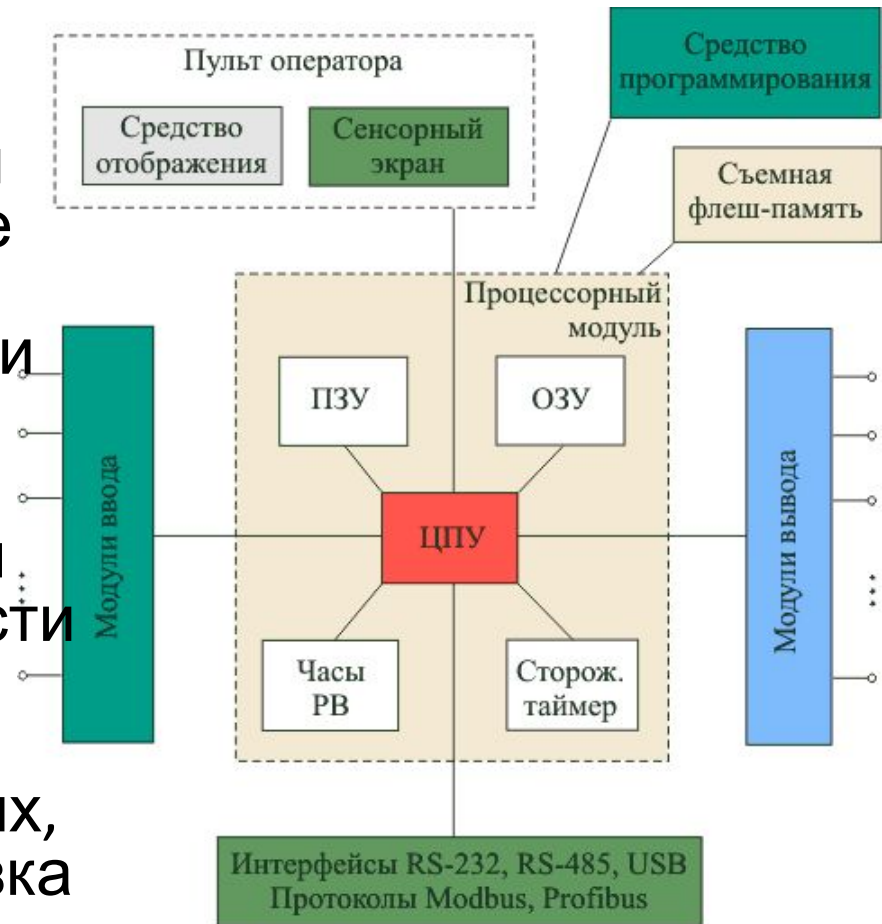
# Архитектура плк

- Сторожевой таймер представляет собой счетчик, который считает импульсы тактового генератора и в нормальном режиме периодически сбрасывается в нуль (перезапускается) работающим процессором. Если процессор "зависает", то сигналы сброса не поступают в счетчик, он продолжает считать и при достижении некоторого порога вырабатывает сигнал "Сброс" для перезапуска "зависшего" процессора.



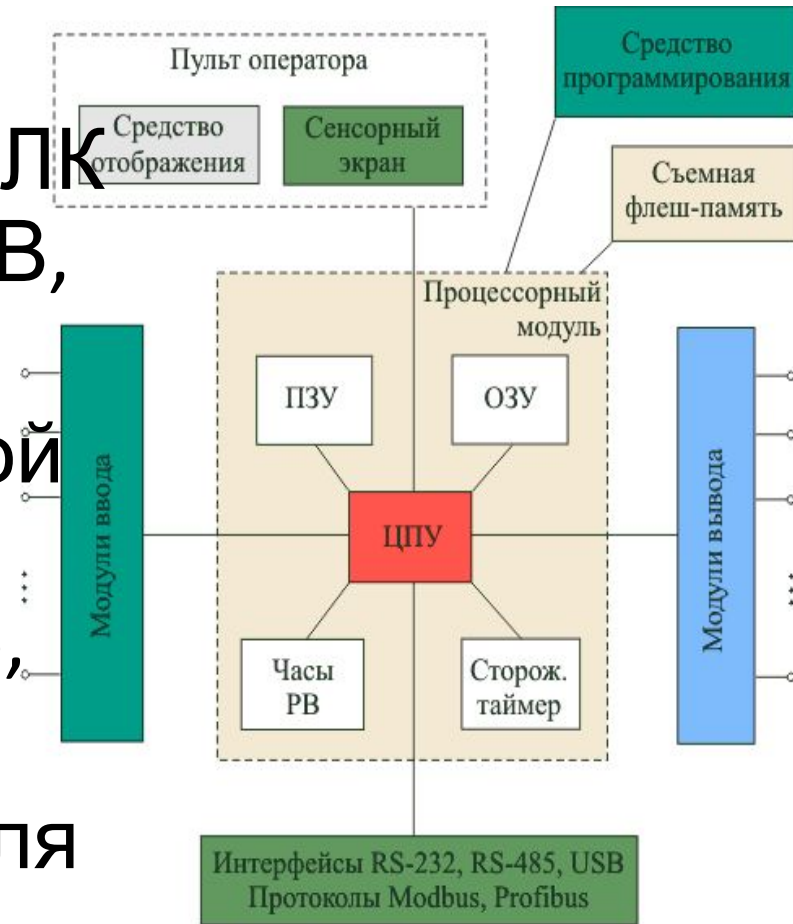
# Архитектура плк

- Часы реального времени (РВ) представляют собой кварцевые часы, которые питаются от батарейки и поэтому продолжают идти при выключенном ПЛК.
- Часы РВ используются для управления уличным освещением в зависимости от времени суток, в системах охраны объектов и других случаях, когда необходима привязка данных или событий к астрономическому времени.



# питание плк

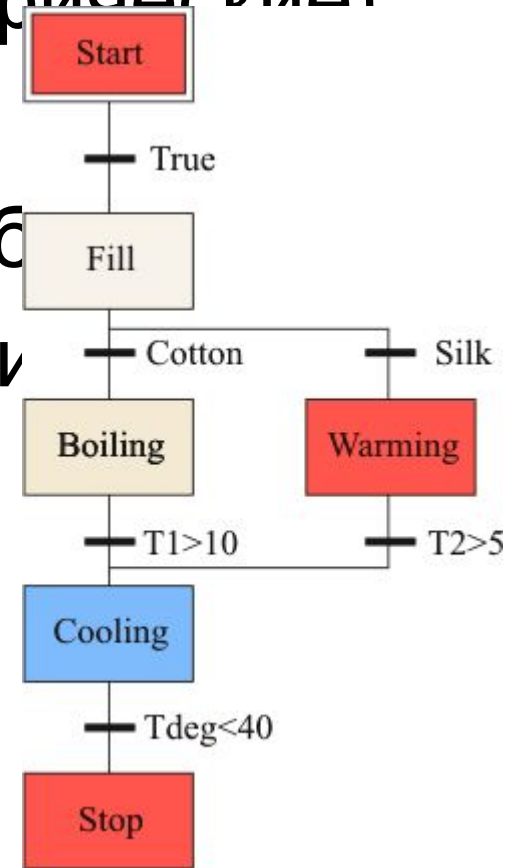
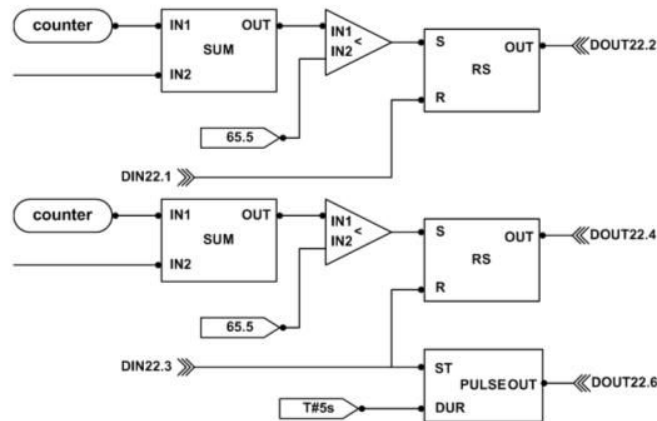
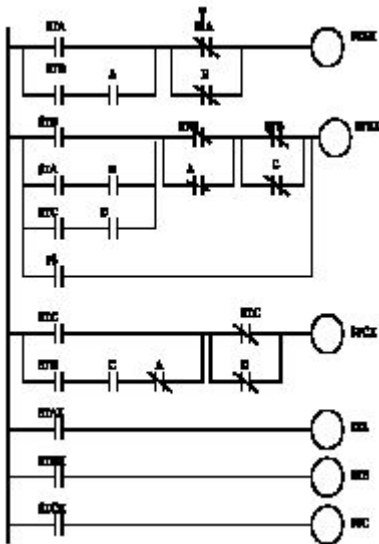
- Стандартными напряжениями питания ПЛК являются напряжения 12 В, 24 и 48 В.
- Источником электрической энергии обычно является промышленная сеть 220В, 50 Гц.
- Отдельная батарейка – для питания часов РВ.



# Языки программирования ПЛК

Языки программирования (графические).

1. LD – язык релейных схем;
2. FBD – язык функциональных блоков;
3. SFC – язык диаграмм состояний.



# Языки программирования ПЛК

- Языки программирования (текстовые):  
ассемблер, С, С++, Pascal, Basic и др.

# Преимущества ПЛК

- ПЛК - помогают снизить влияние человеческого фактора на управляемый процесс, сократить персонал, уменьшить расход сырья, точнее управлять процессом и улучшить за счет этого качество выходного продукта; накопление и хранение данных, формирование сигналов тревог.
- ПЛК поддерживают большое количество датчиков и исполнительных механизмов, могут управлять технологическим процессом по различным алгоритмам регулирования.



# Исполнительные устройства систем автоматики

Исполнительное устройство (ИУ) – устройство системы автоматического управления, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией.

Исполнительное устройство – передает воздействие с управляющего устройства на объект управления.

К основным блокам ИУ относятся исполнительный механизм (ИМ) и регулирующий орган (РО).

Исполнительные устройства подразделяются на:

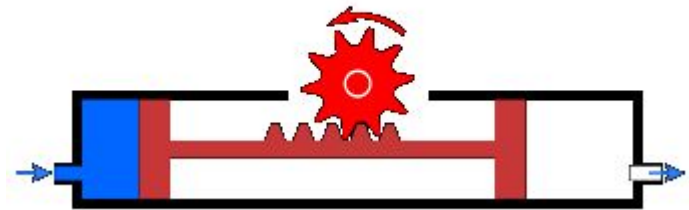
- пневматические;
- гидравлические;
- электрические.

# Пневматические исполнительные устройства

Пневматические исполнительные устройства предназначены для преобразования энергии сжатого воздуха в механическое линейное перемещение или вращение.

Пневматические исполнительные устройства бывают:

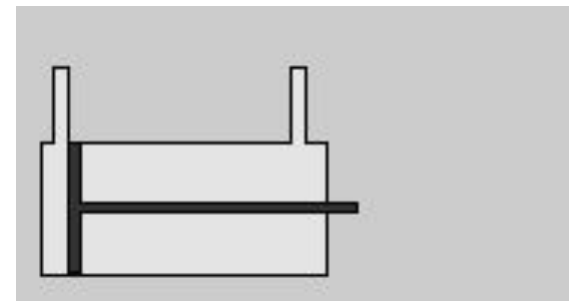
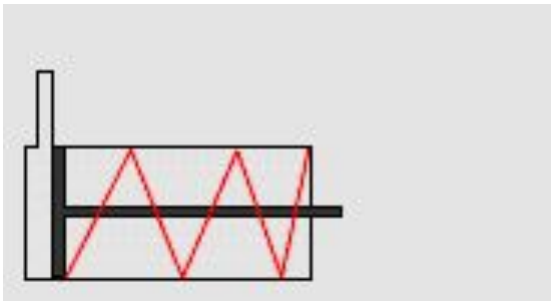
- двухпозиционные – имеют 2 крайних положения рабочего органа;
- многопозиционные;
- поворотные.



# Пневматические исполнительные устройства

Пневматические исполнительные устройства бывают:

- одностороннего действия (возврат в исходное положение – механической пружиной);
- двухстороннего действия.



# Пневматические исполнительные устройства

Передача энергии в пневмоприводе происходит следующим образом:

1. Приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал компрессора, который сообщает энергию рабочему газу.
2. Рабочий газ по пневмолиниям через регулирующую аппаратуру поступает в пневмодвигатель, где пневматическая энергия преобразуется в механическую.
3. Отработавший газ выбрасывается в окружающую среду.

# Пневматические исполнительные устройства

## Достоинства пневмопривода:

- отсутствие необходимости возвращать рабочее тело (воздух) назад к компрессору;
- пожаробезопасность и нейтральность рабочей среды;
- простота и экономичность, обусловленные дешевизной рабочего газа.

## Недостатки пневмопривода:

- нагревание и охлаждение рабочего газа при сжатии в компрессорах и расширении в пневмомоторах;
- невысокие КПД, точность срабатывания и плавность хода.

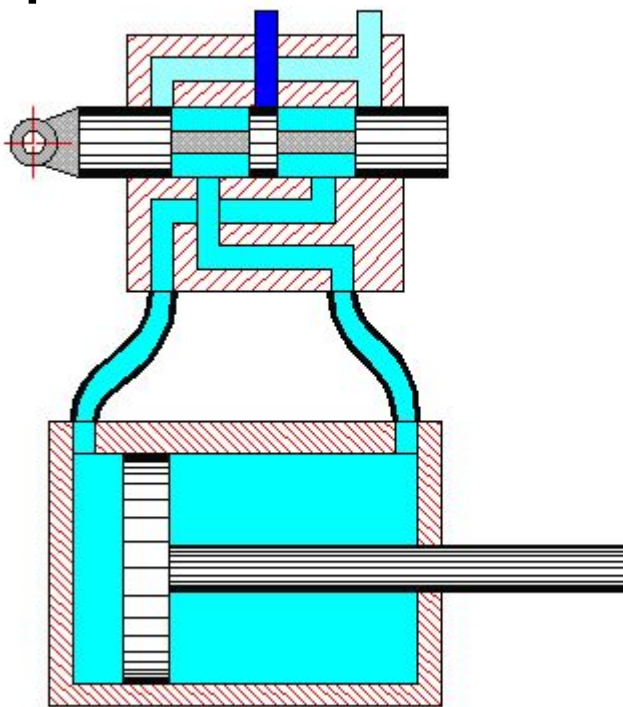
# Пневматические исполнительные устройства

## Использование пневматических ИУ:

- в кормоцехах, где комбикормовая пыль является взрывоопасной;
- в местах повышенной влажности;
- запорные устройства для управления потоками жидкого корма на промышленных свиноводческих комплексах.

# гидравлические исполнительные устройства

- Гидравлический привод – приведения в движение машин и механизмов посредством гидравлической энергии.



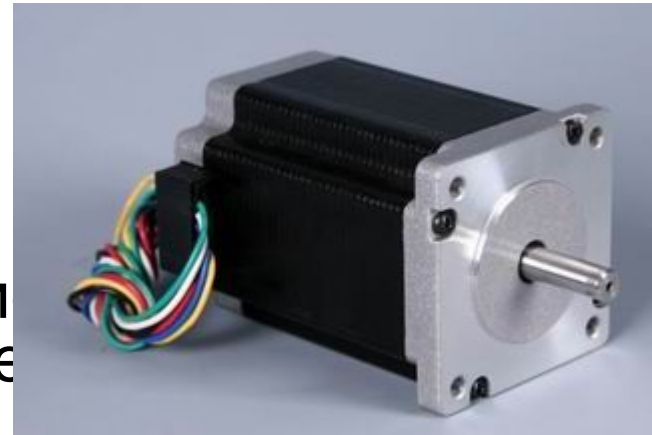
# Электрические исполнительные устройства

- Электрические ИУ – ИУ, использующие электрическую энергию.
- Назначение – управление дроссельными заслонками, клапанами, задвижками, шиберами и т.д.

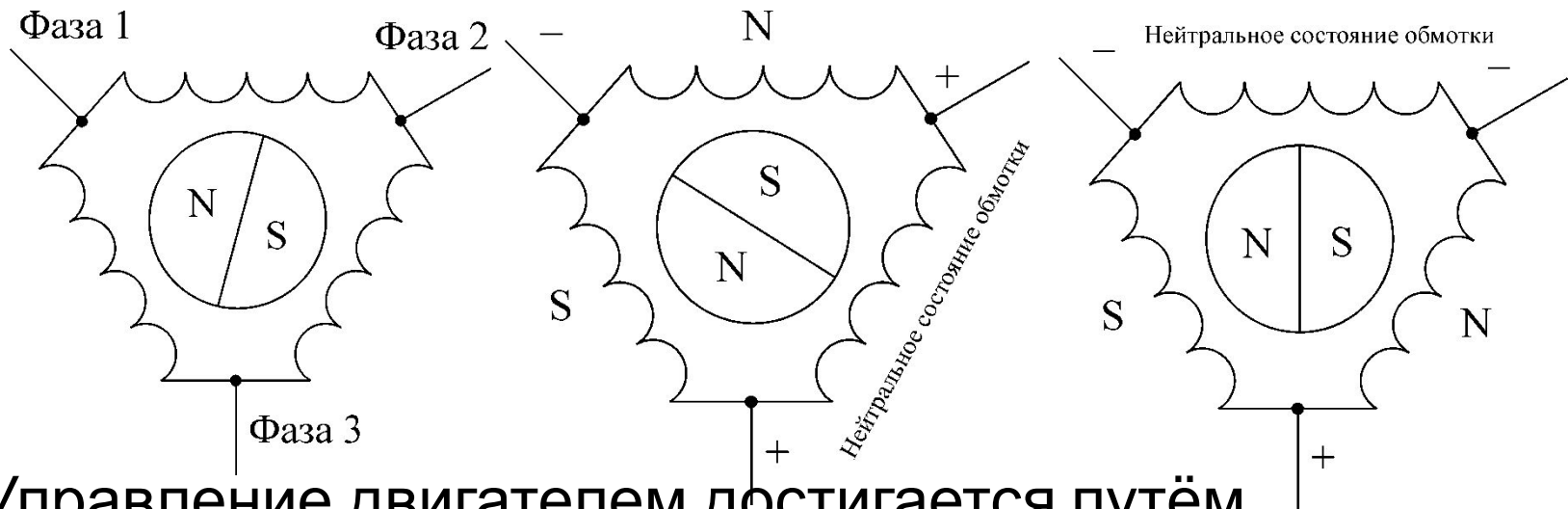


# Шаговый электродвигатель

- Шаговый электродвигатель – это электромеханическое устройство, преобразующее сигнал управления в угловое (или линейное) перемещение ротора с фиксацией его в заданном положении без устройств обратной связи.
- Сфера применения шаговых двигателей: подача пленки и изменение масштаба изображения в камерах, факсимильные аппараты, принтеры, копировальные машины, лотки подачи и сортировщики бумаги, дисководы, автомобилестроение, светотехническое оборудование, теплотехника, станки с ЧПУ.



# Шаговый электродвигатель



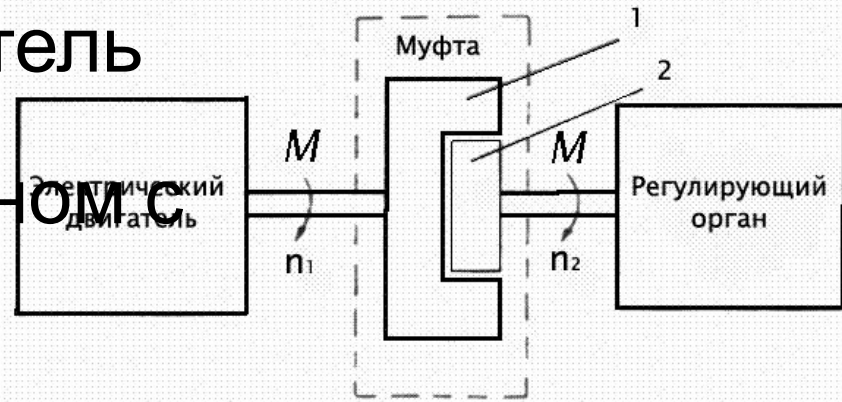
- Управление двигателем достигается путём чередования распределения полярностей на обмотках.
- При подаче на обмотку напряжения одной полярности вокруг неё создаётся положительное электромагнитное поле, противоположной полярности – отрицательное.

# Шаговый электродвигатель

- В процессе чередования полярностей на обмотках шагового двигателя его ротор на каждом шаге поворачивается на определённый угол (на предыдущем рисунке он равен  $360 / 6 = 60^\circ$ , или 6 шагов на оборот).
- Угол поворота современных шаговых двигателей равен  $1,8^\circ$ , что достигается пространственным распределением обмоток фазы по окружности ротора, т.е. части одной обмотки сосредотачиваются в различных местах статора
- В зависимости от способа чередования полярностей на обмотках статора может меняться направление вращения ротора.

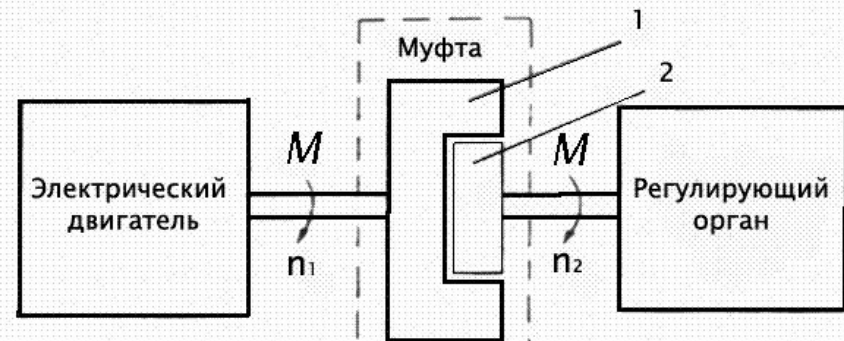
# Электромагнитная муфта

- Часто электродвигатель соединяется с регулирующим органом помощью муфты.



- Муфта служит для передачи механической энергии с одного вала на другой.
- В электромагнитной муфте соединение ведущей и ведомой частей происходит не жестко механически, а за счет упругих сил электромагнитного поля.

# Электромагнитная муфта



Это позволяет:

- подключать двигатель к механизму без механических ударов;
- осуществлять передачу движения в изолированных друг от друга средах (например, ввод движения в вакуумную среду).

# Релейные устройства

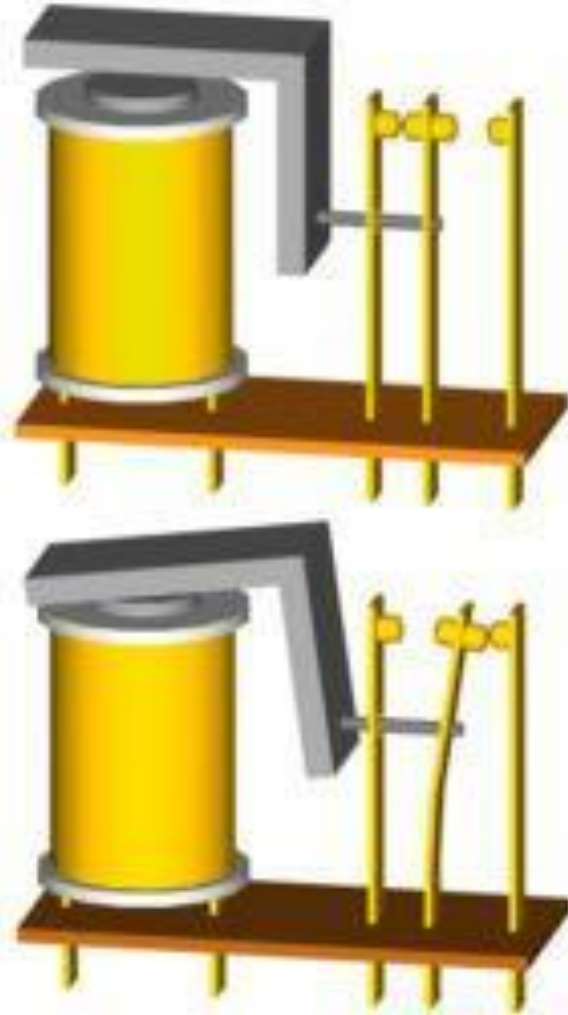
- Реле – это автоматическое устройство, предназначенное для коммутации электрических цепей (скачкообразного изменения выходных величин).
- Во множестве современных реле выделяются два базовых типа: электромеханические и твердотельные.

# Классификация реле



# Электромеханические реле

- Основные части электромеханического реле (ЭМР) – электромагнит с сердечником и якорь. Если вместо сердечника электромагнита используется геркон, речь идёт о герконовых реле, на базе которых создаются современные субминиатюрные моностабильные и поляризованные реле малой и средней мощности непосредственно управляемые микроконтроллером.



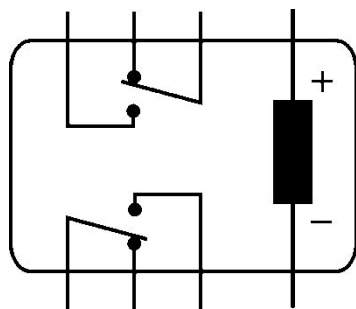
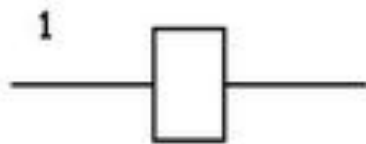


# Электромеханические реле



- Геркон (герметичный контакт) – электромеханическое устройство, представляющее собой пару ферромагнитных контактов, запаянных в герметичную стеклянную колбу.
- При поднесении к геркону постоянного магнита или включении электромагнита контакты замыкаются. Герконы используются как бесконтактные выключатели, датчики близости и т. д.
- Геркон с электромагнитной катушкой составляет герконовое реле.

# Обозначение электромеchanических реле



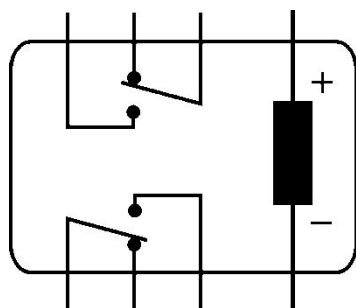
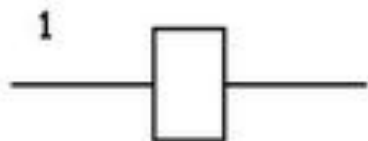
1 – обмотка реле  
(управляющая цепь);

2 – контакт  
замыкающий  
(нормально  
разомкнутый);

3 – контакт  
размыкающий  
(нормально  
замкнутый);

4 – контакт  
замыкающий с  
замедлителем при  
срабатывании;

# Обозначение электромеchanических реле



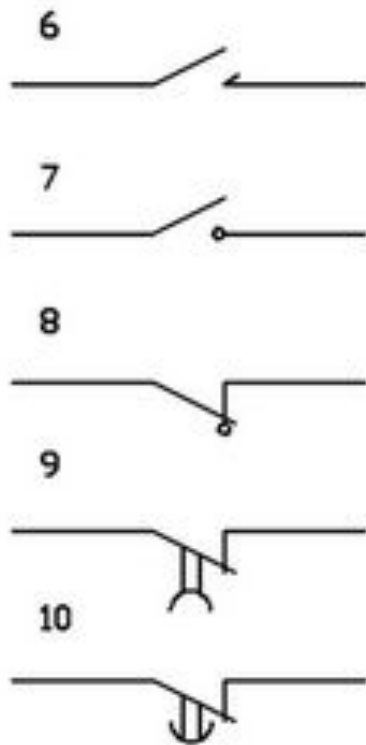
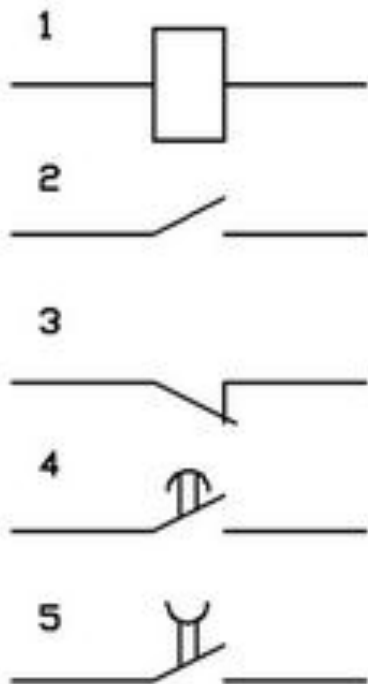
5 – контакт замыкающий с замедлителем при возврате;

6 – контакт импульсный замыкающий;

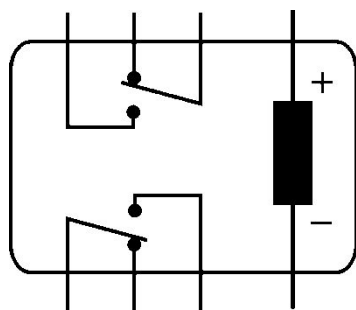
7 – контакт замыкающий без самовозврата;

8 – контакт размыкающий без самовозврата;

# Обозначение электромеchanических реле



- 9 – контакт размыкающий с замедлителем при срабатывании;
- 10 – контакт размыкающий с замедлителем при возврате.



# Твердотельные реле

Отличительная особенность твердотельного реле состоит в наличии электронной либо оптоэлектронной связи между управляющим и коммутируемыми выводами, отсутствии управляющей катушки и механических контактов.

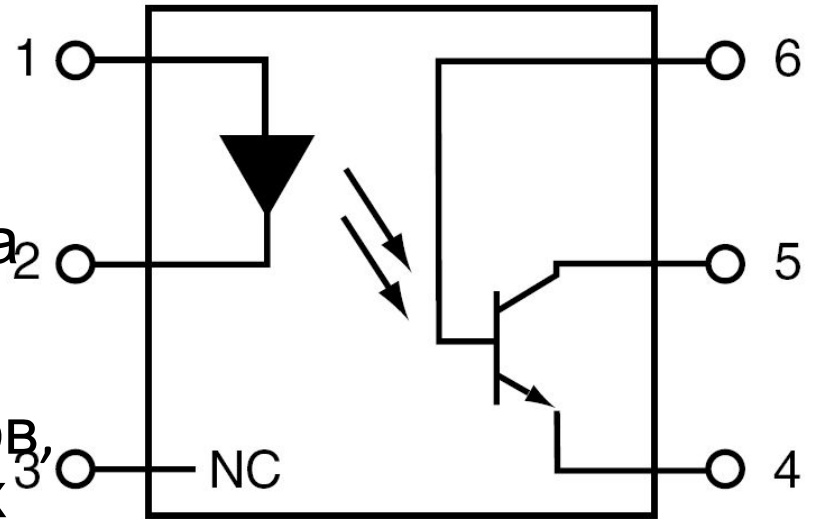
Твердотельное реле обеспечивает электрическую изоляцию между цепью контроля и силовой цепью.

Преимущества:

- включение цепи без электромагнитных помех;
- высокое быстродействие;
- продолжительный период работы (свыше миллиарда срабатываний);
- низкое электропотребление (на 95% меньше, чем у обычных реле).

# оптрон

- Оптрон – электронный прибор, состоящий из излучателя света (обычно – светодиода) и фотоприёмника (биполярных и полевых фототранзисторов, фотодиодов, фототиристоров, фоторезисторов), связанных оптическим каналом и как правило объединённых в общем корпусе.
- Принцип работы оптрона заключается в преобразовании электрического сигнала в свет, его передаче по оптическому каналу и последующем преобразовании обратно в электрический сигнал.



# оптрон

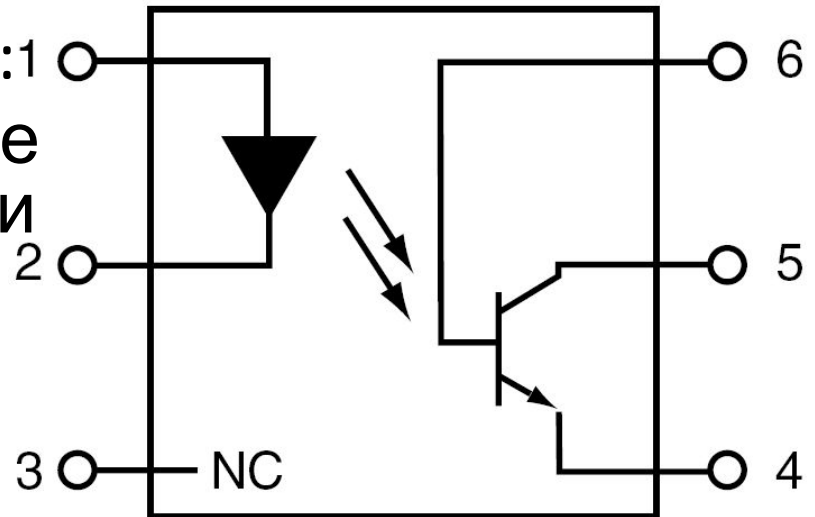
- Оптроны с открытым оптическим каналом, доступным для механического воздействия (перекрытия), используются как датчики во всевозможных детекторах наличия (например, детектор бумаги в принтере), движения (компьютерная мышь).
- Оптроны используются для гальванической развязки цепей – передачи сигнала без передачи напряжения, для бесконтактного управления и защиты.



# оптрон

Характеристики оптронов:

- высокие коммутируемые напряжения до 500 В при малых габаритах (порядка 8 мм x 10 мм);
- наличие оптической развязки, устраняющей обратное воздействие со стороны высоких напряжений на управляющий элемент;
- низкие коммутируемые токи (порядка 150 мА);
- невысокая скорость переключения (порядка 1 мс).





# Реле времени

Реле времени – реле, предназначенное для создания независимой выдержки времени.

По принципу работы выделяют реле времени:

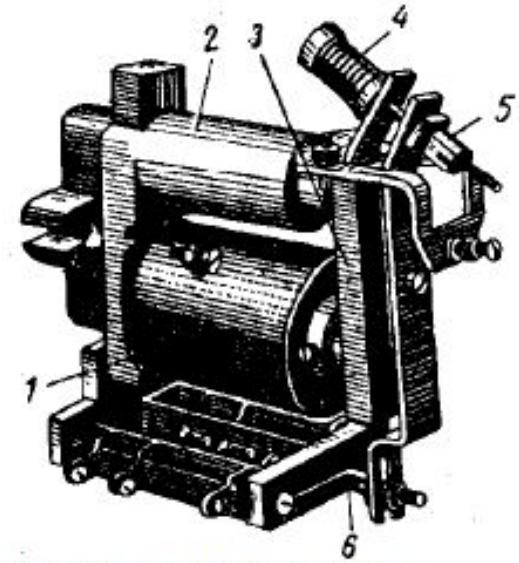
- с электромагнитным замедлением;
- с пневматическим замедлением;
- с часовым или анкерным механизмом;
- моторные реле времени;
- электронные реле времени.



# Реле времени с э.-м. замедлением

- Электромагнитное реле времени РЭ-500:

- 1 – катушка;
- 2 – неподвижный магнитопровод;
- 3 – якорь; 4 – оттяжная пружина;
- 5 – регулировочный винт;
- 6 – блок-контакты.

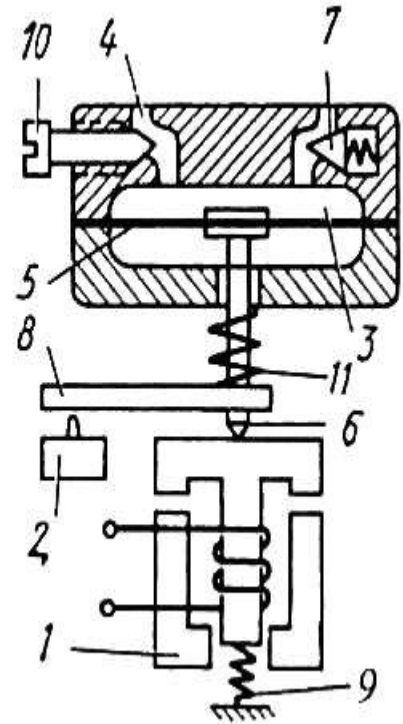


- При закорачивании катушки реле ток в ней будет затухать постепенно из-за ее индуктивности. В какой-то момент под действием пружины 4 якорь 3 оторвется от катушки 1 и замкнет блок-контакты 6.

- Время задержки определяется усилием оттяжной пружины 4, которая регулируется винтом 5.

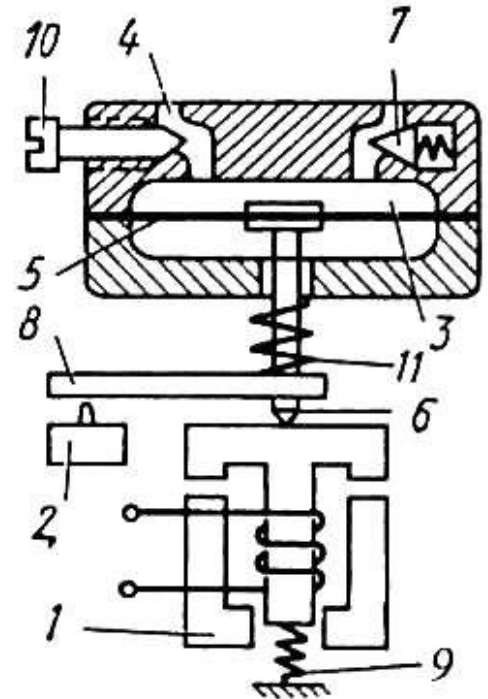
# Реле времени пневматическое

- Пневматическое реле времени РВП-72 имеет выдержку времени 0,2 – 180 с и предназначено для использования в цепях переменного тока напряжением 127 и 220 В.
- Выдержка времени получается за счет медленного натекания воздуха в камеру с регулируемым сечением отверстия.



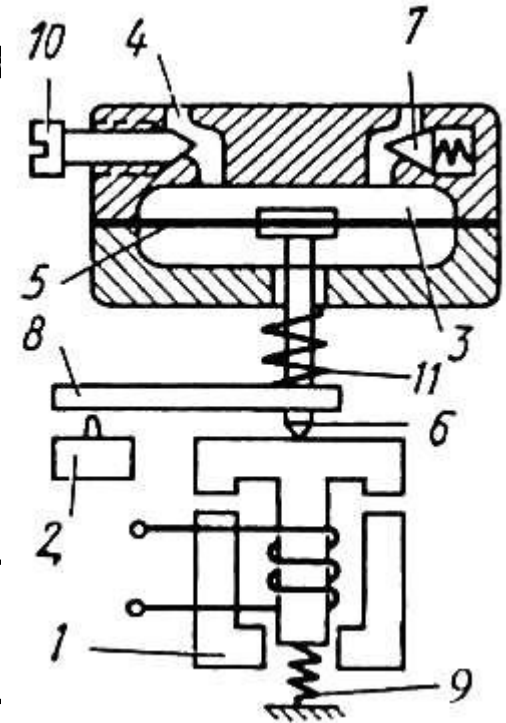
# Реле времени пневматическое

- При подаче управляющего сигнала якорь электромагнита 1 втягивается
- Шток 6, лишенный опоры, под действием пружины 11 медленно опускается вниз по мере заполнения полости приставки воздухом через отверстие 4.
- В конце хода штока рычаг 8 производит переключение контактов микропереключателя 2.



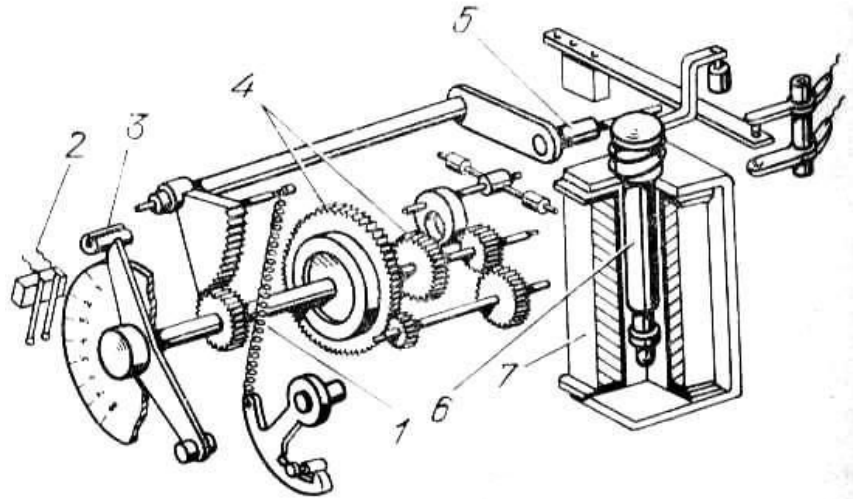
# Реле времени пневматическое

- Возврат реле в исходное положение происходит при снятии входного сигнала с электромагнита под действием пружины 9.
- При этом воздух пневматической камеры мгновенно вытесняется через обратный клапан 7.
- Возврат контактов реле происходит без задержки времени. Для регулировки выдержки времени регулируют винт 10, изменяющий сечение дросселирующего отверстия 4.



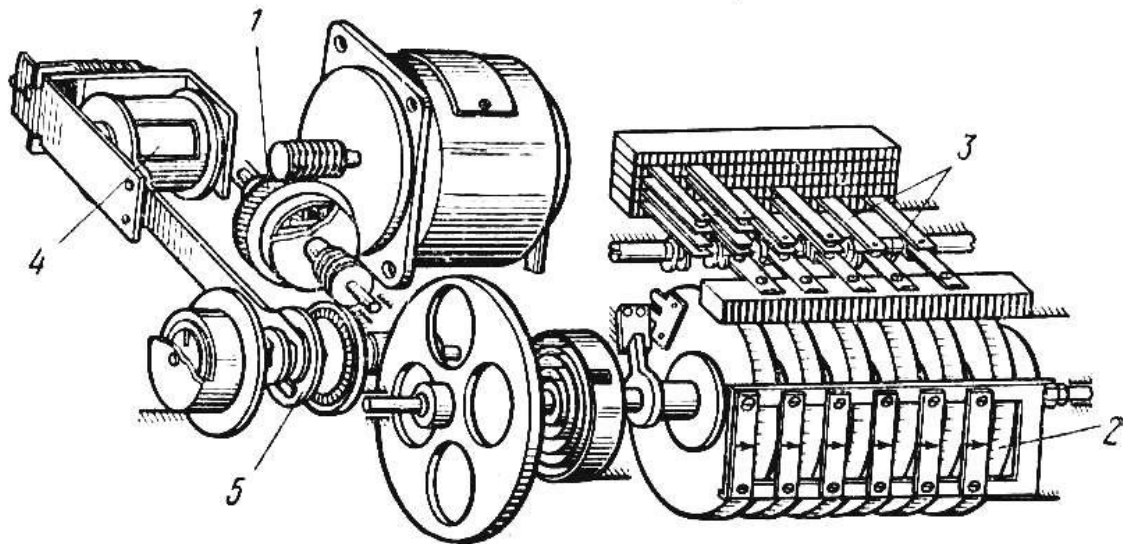
# Реле времени с часовым механизмом

- При подаче напряжения на обмотку 7 электромагнита плунжер 6 втягивается, сжимая возвратную пружину, при этом освобождается рычаг 5 сцепления с часовым механизмом. Часовой механизм 4 под действием встроенной в нем пружины 1 начинает вращаться, обеспечивая равномерное движение стрелки с подвижным контактом 3, который через заданный промежуток времени вызывает замыкание неподвижных контактов 2, закрепленных на контактной колодке. Выдержка времени задается поворотом контактной колодки 2 против соответствующей цифры на шкале.



# Моторные реле времени

- 1 – редуктор;
- 2 – диск времени
- 3 – контакты;
- 4 – катушка паузного механизма;
- 5 – паузный механизм.



Моторные реле времени предназначены для отсчета времени от 10 с до нескольких часов. Оно состоит из синхронного двигателя, редуктора, электромагнита для сцепления и расцепления двигателя с редуктором, контактов.

## Электронные реле времени

- Современные реле времени обрабатывают необходимую задержку времени в соответствии с программой, «защитой» в микроконтроллере
- При этом сам микроконтроллер может тактироваться с помощью встроенного кварцевого резонатора или RC-генератора.





# Конечный выключатель

- Концевой выключатель – это устройство электрической коммутации при механическом контакте пары подвижных механизмов.
- Малогабаритный прочный корпус;
- легкое закрепление и ориентировка в пространстве;
- индикация работы (поданного питания) и срабатывания датчика – при помощи ярких разноцветных светодиодов.



# Конечный выключатель

- Часто концевой выключатель содержит две пары контактов, нормально разомкнутые и нормально замкнутые.
- Замкнутая пара – контроль состояния подключения концевой выключателя: если сигнал переданный по этой паре не возвращается, можно сделать вывод о повреждении кабеля к выключателю.
- Разомкнутая пара используется для прохождения сигнала после срабатывания выключателя.



# Электронные Усилители в системах автоматики

Усилители предназначены для увеличения (от вспомогательного источника питания) мощности сигнала на выходе измерительной части системы автоматического управления, так как в большинстве случаев она недостаточна для приведения в действие исполнительных устройств.

Основные параметры и требования к усилителям в САУ:

- стабильность коэффициента усиления;
- большой частотный диапазон усиления;
- отсутствие искажения сигнала;
- КПД и выходная мощность.

# Электронные Усилители в системах автоматики

Электронные усилители делят на:

- ламповые;
- полупроводниковые.

В основном используются полупроводниковые усилители, так как они:

- не требуют энергии и время на подогрев;
- имеют меньшие габариты, массу, значительный срок службы;
- обладают достаточно высокой механической прочностью и надежностью.

# Электронные Усилители в системах автоматики

- Наиболее распространены схемы усилителей, содержащие операционные усилители (ОУ)

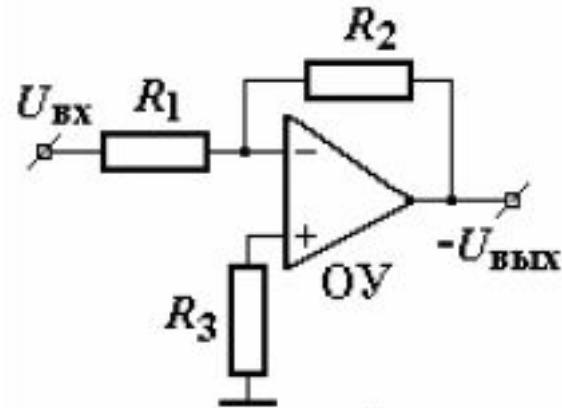
- Инвертирующий усилитель.

- Имеет отрицательную обратную связь  $R_2$ .

- Входной и выходной сигналы связаны соотношением:

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{R_2} = -\frac{U_{\text{ВХ}}}{R_1}.$$

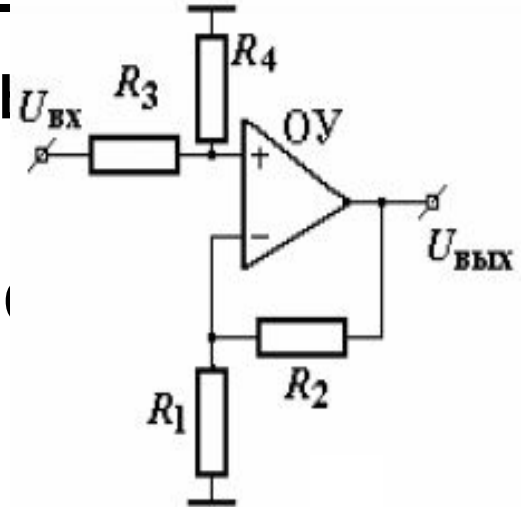
- Коэффициент усиления равен:  $K = -\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = -\frac{R_2}{R_1}.$



# Электронные Усилители в системах автоматики

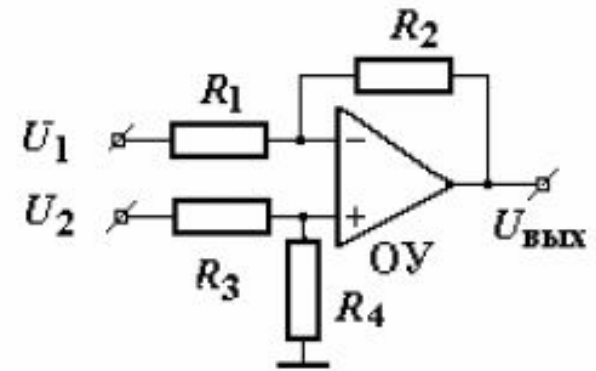
- Неинвертирующий усилитель.
- Отрицательная обратная связь через сопротивление  $R_2$  обеспечивает стабильную работу усилителя.
- Коэффициент усиления равен:

$$K = \frac{U_{\text{АУО}}}{U_{\text{АО}}} = \frac{R_4 \cdot (1 + R_2/R_1)}{(R_3 + R_4)}$$



# Электронные Усилители в системах автоматики

- Дифференциальное включение операционного усилителя.
- Выходное напряжение пропорционально разности входных сигналов, поданных на инвертирующий и неинвертирующий входы:

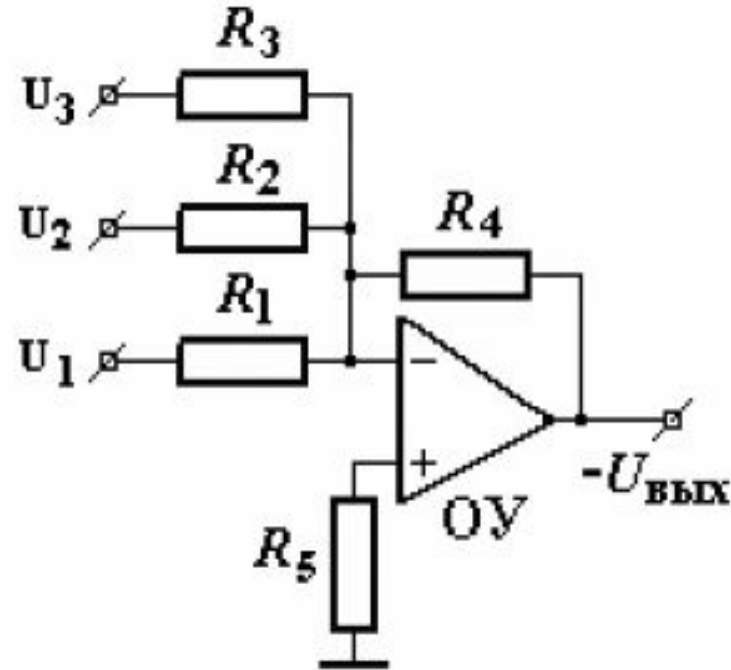


$$U_{\text{ВЫХ}} = U_2 \cdot \frac{R_4 \cdot (1 + R_2/R_1)}{(R_3 + R_4)} - U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

# Электронные Усилители в системах автоматики

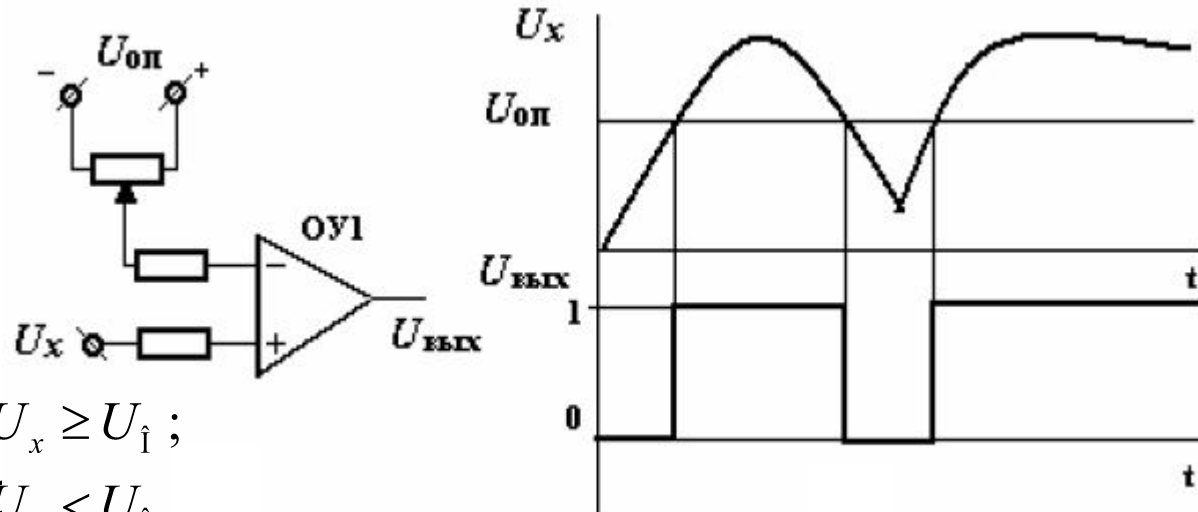
- Суммирующий усилитель
- Выполняет суммирование нескольких переменных напряжений.

$$U_{\text{ВЫХ}} = (U_1 + U_2 + U_3) \cdot \frac{R_4}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$





# Электронные Усилители в системах автоматики



$U_{вых} = \begin{cases} 1, & \text{if } U_x \geq U_{оп}; \\ 0, & \text{if } U_x < U_{оп}. \end{cases}$

- Компаратор
- В аналоговом компараторе ОУ работает без обратной связи, поэтому имеет большой коэффициент усиления.
- На инвертирующий вход подается опорное напряжение, на неинвертирующий – анализируемый сигнал.