ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

Преподаватель: Дәуренов Ә.Д

Лекция №5. Исполнительные устройства

Цель лекции:

- сформировать у студентов понимание назначения исполнительных устройств,
- их места в системе автоматического управления,
- принципов работы
- и основных способов классификации.

На предыдущей лекции были рассмотрены понятия:

- преобразователя сигналов;
- аналоговых и цифровых сигналов;
- преобразований A→A, A→D и D→A;
- нормализации, усиления и фильтрации сигналов;
- АЦП и ЦАП;
- гальванической развязки.

Мы рассмотрели в основном **информационную часть системы автоматизации** — получение и обработку сигнала.

Теперь возникает следующий вопрос:

> **Как система автоматизации физически воздействует на объект управления?**

Для этого используются **исполнительные устройства**.

Что такое исполнительное устройство?

Исполнительное устройство (ИУ) — это устройство системы автоматического управления, которое получает управляющий сигнал и создаёт физическое воздействие на объект управления.
Упрощённо: **Управляющий сигнал → Исполнительное устройство → Физическое воздействие**

Например:
0–10 V → электропривод → вращение
4–20 mA → привод клапана → перемещение штока
Digital ON/OFF → контактор → включение двигателя

Преобразование энергии в исполнительном устройстве

Исполнительное устройство использует электрическую, пневматическую или гидравлическую энергию для создания необходимого физического воздействия на объект управления.

ИУ получает команду управления от контроллера, но для реального воздействия на объект ему нужна энергия. Например, PLC выдаёт сигнал: «Открыть клапан»

Сам этот сигнал не способен физически передвинуть тяжёлый шток клапана. Он только передаёт информацию — команду. Исполнительный привод использует доступную ему энергию и создаёт необходимое физическое воздействие.

Например:

Электрическая энергия → электродвигатель → вращательное движение
То есть ток проходит через двигатель, а двигатель создаёт вращение вала:

Другой пример:
Электрическая энергия → электромагнит → линейное перемещение
Так работает, например, соленоид

Для пневматического привода преобразование другое:
Энергия сжатого воздуха → механическое движение. Сжатый воздух воздействует на поршень или мембрану и перемещает шток

Для гидравлического:
Энергия жидкости под давлением → механическое движение

Примеры преобразования энергии в исполнительных устройствах

Электрическая энергия
(0 ... 230 В, AC/DC)

Электрический сигнал / питание
U, I



Электродвигатель

Механическое воздействие

Вращательное движение
(вращение вала)



Электрическая энергия
(12 ... 24 В DC или 230 В AC)

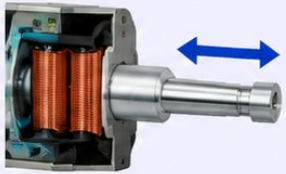
Электрический сигнал / питание
U, I



Электромагнит (соленоид)

Механическое воздействие

Линейное перемещение
(движение штока)



Энергия сжатого воздуха
(0,4 ... 0,7 МПа)

Пневматический сигнал
сжатый воздух



Пневматический привод
(пневмоцилиндр)

Механическое воздействие

Линейное перемещение
(движение штока)



Энергия жидкости под давлением
(5 ... 25 МПа)

Гидравлический сигнал
жидкость под давлением



Гидравлический привод
(гидроцилиндр)

Механическое воздействие

Линейное перемещение
(движение штока)



Важное различие: управляющий сигнал и энергия

Контроллер (PLC)



Команда: «Открыть клапан на 50 %»

Управляющий сигнал
(информация)

0 … 10 В
или
4 … 20 мА



Сигнал говорит устройству, **ЧТО** нужно **сделать.**

Исполнительное устройство
(электропривод)



Источник энергии
(электрическая энергия)

24 В DC
или
230 В AC

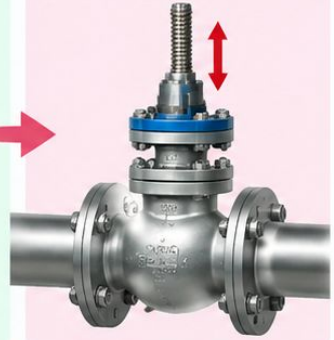


Энергия обеспечивает возможность физически это **СДЕЛАТЬ**.

Преобразование энергии
Электрическая энергия → механическое движение



Физическое воздействие на объект
Движение штока клапана (открытие/закрытие)



Управляющий сигнал = информация

Говорит устройству, **ЧТО** нужно сделать (например, открыть клапан на 50 %).

Энергия = возможность выполнить действие

Обеспечивает физическое движение (вращение двигателя, перемещение штока и т.д.).

Основные функции исполнительных устройств

Исполнительные устройства выполняют несколько основных функций:

1. Получение управляющей команды. Команда поступает от: (PLC; регулятора; микроконтроллера; системы управления)

2. Преобразование энергии.

3. Воздействие на объект. ИУ может:
- открыть/закрыть клапан;
- включить двигатель;
- изменить скорость;
- переместить механизм;
- включить нагреватель;
- изменить положение заслонки.

5. Примеры исполнительных устройств

В промышленной автоматике можно встретить:

Исполнительное устройство	Что делает
Электродвигатель	Создаёт вращение
Электропривод клапана	Открывает/закрывает клапан
Пневматический привод	Создаёт линейное или вращательное движение
Гидравлический цилиндр	Создаёт линейное движение и большое усилие
Электромагнитный клапан	Открывает/закрывает поток
Нагревательный элемент	Изменяет температуру
Насос	Создаёт поток жидкости
Вентилятор	Создаёт поток воздуха

Примеры промышленных исполнительных устройств

Электродвигатель



Создаёт вращение

Электропривод клапана



Открывает / закрывает клапан

Пневматический привод



Создаёт линейное движение

Гидравлический цилиндр



Создаёт линейное движение и большое усилие

Электромагнитный клапан



Открывает / закрывает поток

Нагревательный элемент



Изменяет температуру

Насос



Создаёт поток жидкости

Вентилятор



Создаёт поток воздуха

6. Классификация исполнительных устройств

По типу используемой энергии

- электрические;
- пневматические;
- гидравлические.

По назначению

- регулирующие;
- переключающие;
- приводные.

По характеру действия

- непрерывного действия;
- дискретного действия.

7. Классификация по типу энергии

Электрические ИУ – используют электрическую энергию.
Примеры:

- электродвигатели;
- сервоприводы;
- шаговые двигатели;
- электромагниты;
- электроприводы клапанов.

Пример: **PLC → частотный преобразователь → электродвигатель → насос**
Электрические исполнительные устройства очень распространены благодаря удобству управления и интеграции с электронными системами.

Пневматические ИУ

Пневматические устройства используют энергию **сжатого воздуха**.
Примеры:

- пневматические цилиндры;
- мембранные приводы;
- пневматические приводы клапанов.

Структура:
Контроллер → преобразователь → давление воздуха → пневмопривод → клапан

Преимущества:

- простая конструкция;
- высокая скорость;
- возможность работы во многих промышленных условиях.

11. Пример пневматического клапана

PLC



Формирует управляющий сигнал (например, 4–20 mA)

4–20 mA

Позиционер



Преобразует управляющий сигнал в пневматическое давление (обычно 0,2–1,0 МПа)

Сжатый воздух

Пневматический привод



Преобразует давление в линейное движение штока

Регулирующий клапан



Изменяет положение клапана и регулирует расход среды





Регулирующий клапан (разрез)

Изменяет:

- Расход воды 
- Расход пара 
- Расход газа 
- Давление и т. д. 

Гидравлические ИУ

Гидравлические устройства используют энергию **жидкости под давлением**.

Примеры:

- гидроцилиндры;
- гидромоторы;
- гидравлические приводы.

Основное преимущество — возможность получения **больших усилий**.
Поэтому гидравлические системы применяются там, где необходимо перемещать большие нагрузки.

13. Где применяется гидравлика?

Типичные области применения:

Тяжёлое промышленное оборудование



Гидравлические прессы, штамповочные машины

Прессы



Формовочные и прессовочные системы

Подъёмные механизмы



Экскаваторы, краны, подъёмники

Строительная техника



Автокраны, погрузчики, дорожная техника

Производственные машины



Литьевые машины, упаковочное оборудование

Металлообрабатывающее оборудование



Станки, зажимные и подающие механизмы

Пример: система управления гидравлическим механизмом

Система управления (PLC)



Формирует управляющий сигнал (например, 0–10 В или 4–20 мА)

Гидравлический клапан



Регулирует расход и давление рабочей жидкости

Гидравлическая энергия (давление и поток)

Гидроцилиндр



Преобразует энергию жидкости в линейное движение штока

Движение механизма



Сравнение типов ИУ

Характеристика	Электрические	Пневматические	Гидравлические
Энергия	Электричество	Сжатый воздух	Жидкость под давлением
Управление	Удобное	Относительно простое	Более сложное
Скорость	Высокая	Высокая	Средняя/высокая
Усилие	Малое–большое	Среднее	Очень большое
Пример	Электро двигатель	Пневмоцилиндр	Гидроцилиндр

15. Классификация исполнительных устройств по назначению

Регулирующие

Изменяют регулируемую величину постепенно.



Пример:
регулирующий клапан

Положение:
0 % → 25 % → 50 % → 75 % → 100 %

Переключающие

Выполняют переключение между состояниями.



CLOSED
(закрыт)

OPEN
(открыт)

Пример:
клапан
OPEN / CLOSED

Приводные

Создают механическое движение.



Электродвигатель
(вращение)

Пневмоцилиндр
(линейное движение)

Гидроцилиндр
(линейное движение и большое усилие)

16. Классификация по характеру действия

Дискретное действие

Имеет определённые состояния.



Клапан
CLOSED / OPEN



Нагреватель
OFF / ON



Электродвигатель
OFF / ON

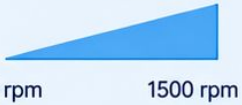
Непреывное действие

Управляющее воздействие может изменяться в некотором диапазоне.









Исполнительный механизм и исполнительное устройство

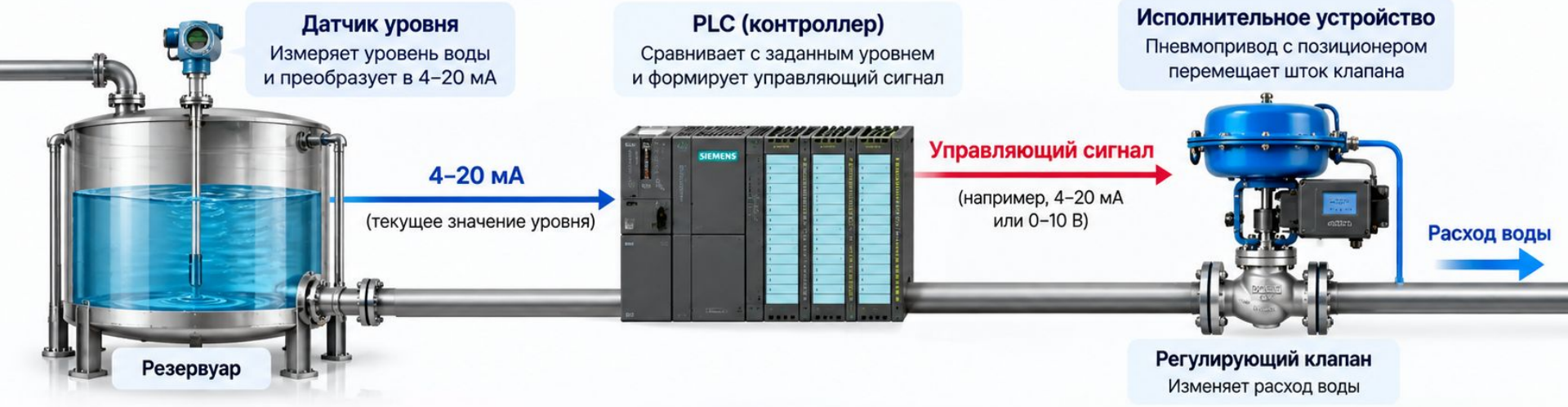
Исполнительный механизм непосредственно создаёт движение или усилие.
Например:

- электропривод;
- пневмопривод;
- гидропривод.

Исполнительное устройство можно рассматривать шире — как устройство или совокупность элементов, обеспечивающих воздействие на объект управления.
Например: **электропривод + регулирующий клапан**

В учебной и технической литературе эти термины иногда используются близко по смыслу, поэтому всегда важно смотреть на принятую структуру конкретной системы.

21. Пример: автоматическое управление уровнем воды



Уровень слишком низкий

Уровень ниже заданного значения



PLC → **открыть клапан**

Уровень около заданного

Уровень близок к уставке



PLC → **поддерживать положение клапана**

Уровень слишком высокий

Уровень выше заданного значения



PLC → **уменьшить открытие клапана**

Как выбирают исполнительное устройство?

При выборе необходимо учитывать:

- вид требуемого движения;
- необходимое усилие или мощность;
- скорость действия;
- диапазон регулирования;
- тип управляющего сигнала;
- условия окружающей среды;
- точность позиционирования;
- надёжность;
- безопасность.

Например, нельзя выбирать привод только по принципу:
«Этот двигатель подходит по напряжению».
Нужно учитывать **весь технологический процесс**.

Контрольные вопросы

1. Что называется исполнительным устройством?
2. Какую функцию оно выполняет в САУ?
3. Чем исполнительное устройство отличается от датчика?
4. Какие типы исполнительных устройств существуют по виду энергии?
5. Что относится к электрическим исполнительным устройствам?
6. Как работает электрический привод клапана?
7. Что является источником энергии пневматического привода?
8. Где применяются гидравлические приводы?
9. В чём преимущество гидравлического привода?
10. Что означает дискретное действие?
11. Что означает непрерывное действие?
12. Чем регулирующий клапан отличается от ON/OFF-клапана?
13. Какую роль выполняет исполнительное устройство в замкнутой САУ?
14. Какие параметры учитывают при выборе исполнительного устройства?
15. Почему контроллер не следует считать исполнительным устройством?