ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

Преподаватель: Дәуренов Ә.Д

Лекция 2. Классификация и структура систем автоматического управления. По принципу действия, по характеру сигналов, по способу регулирования, по сфере применения.

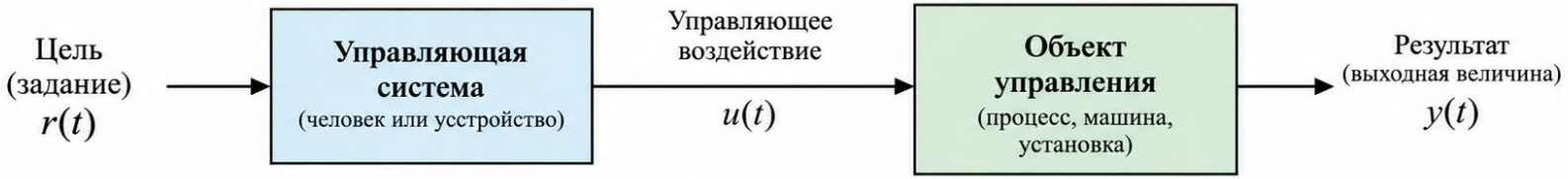
На предыдущей лекции были рассмотрены понятия

- **автоматики, автоматизации,**
- **управления, объекта управления,**
- **управляющего устройства и системы автоматического управления**.

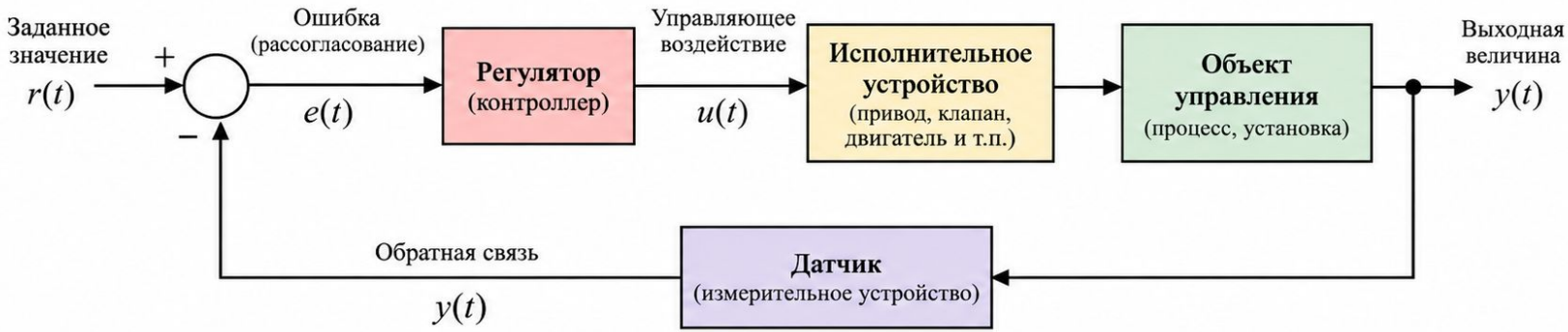
Цель лекции

- Изучить структуру систем автоматического управления
- понятие обратной связи
- основные принципы управления и классификацию САУ.

Структурная схема системы управления (СУ)



Структурная схема системы автоматического управления (САУ)



1. Понятие системы автоматического управления

Система автоматического управления (САУ) – это полностью автоматическая система, в которой человек выведен из замкнутого контура управления.

Система автоматического управления (САУ) — совокупность взаимодействующих технических средств, обеспечивающих автоматическое управление объектом в соответствии с заданной целью.



Простейшее представление САУ

2. Основные элементы САУ



Датчик получает информацию о состоянии объекта или окружающей среды и преобразует измеряемую физическую величину в сигнал. (датчик температуры, датчик давления и т.д)

Преобразователь преобразует сигнал из одной формы в другую, необходимую для передачи или дальнейшей обработки (0-10В, 4-20мА).

Контроллер или регулятор – получает информацию, обрабатывает её и формирует управляющее воздействие.

Исполнительное устройство – Исполнительное устройство непосредственно воздействует на объект. (электродвигатель; клапан; насос; вентилятор; нагреватель; гидравлический цилиндр; пневматический привод)

Объект управления — устройство, машина, установка или технологический процесс, состояние которого необходимо изменять или поддерживать. Например:Печь, Помещение, Резервуар, Электродвигатель, Конвейер, Котёл

Основные величины системы управления

Для дальнейшего изучения САУ необходимо ввести несколько понятий.

Заданное значение – это значение, которое необходимо получить. Тзад=22◦С

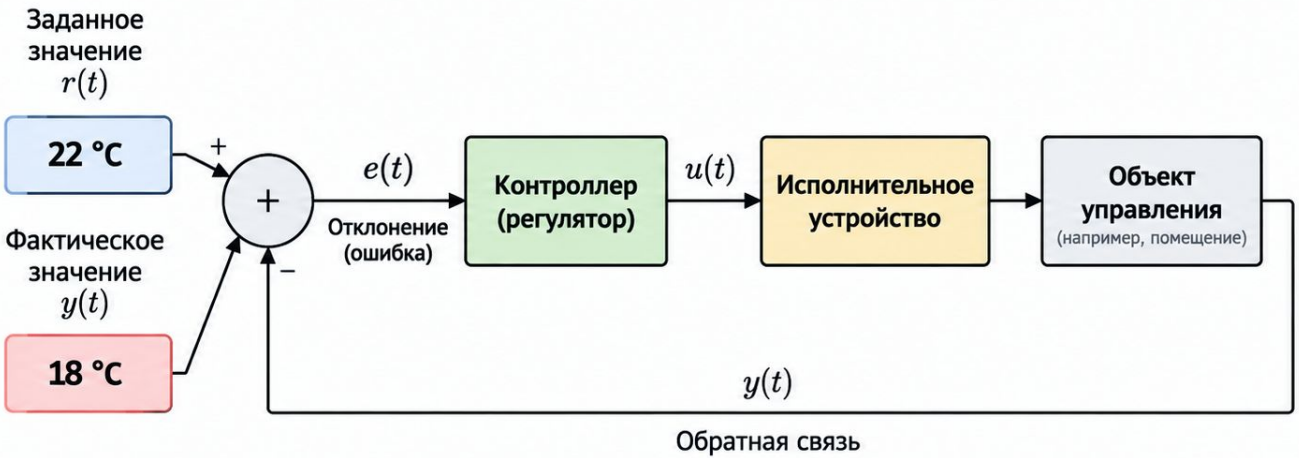
Фактическое значение – это реальное значение регулируемой величины, измеренное датчиком. Тфакт=18◦С

Регулируемая величина — параметр объекта, который необходимо поддерживать или изменять согласно заданию. Например: температура;

давление; уровень жидкости; скорость; положение; расход.

Отклонение или ошибка регулирования

Сравнение заданного и фактического значения



Система должна сформировать управляющее воздействие, чтобы уменьшить это отклонение.

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

$r(t)$ — заданное значение;
$y(t)$ — фактическое значение;
$e(t)$ — ошибка регулирования.

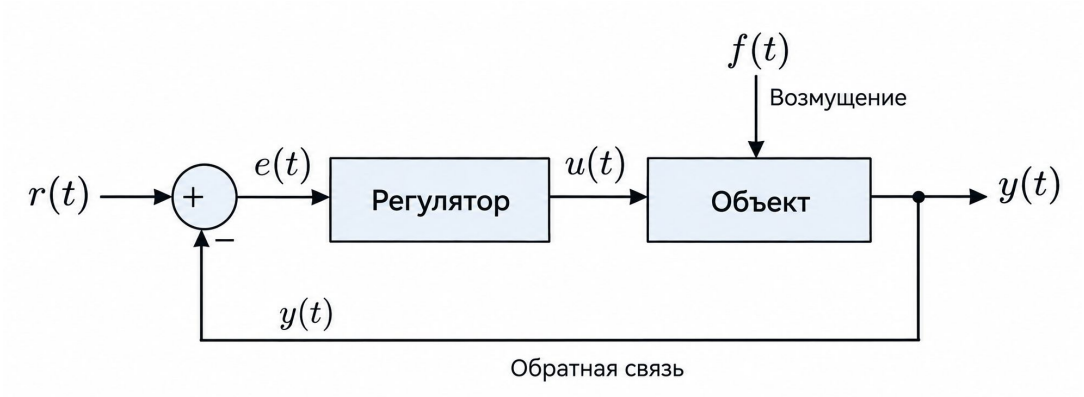
Пример (температура):

$$T_{\text{зад}} = 22°C \quad (r(t))$$
$$T_{\text{факт}} = 18°C \quad (y(t))$$

$$e = 22 - 18 = 4°C$$

Возмущающее воздействие

На объект управления могут воздействовать внешние факторы. Они называются **возмущающими воздействиями**. В теории автоматического управления **возмущающее воздействие** обычно обозначают как функцию времени, например: f(t) или d(t), M(t) или иногда z(t)

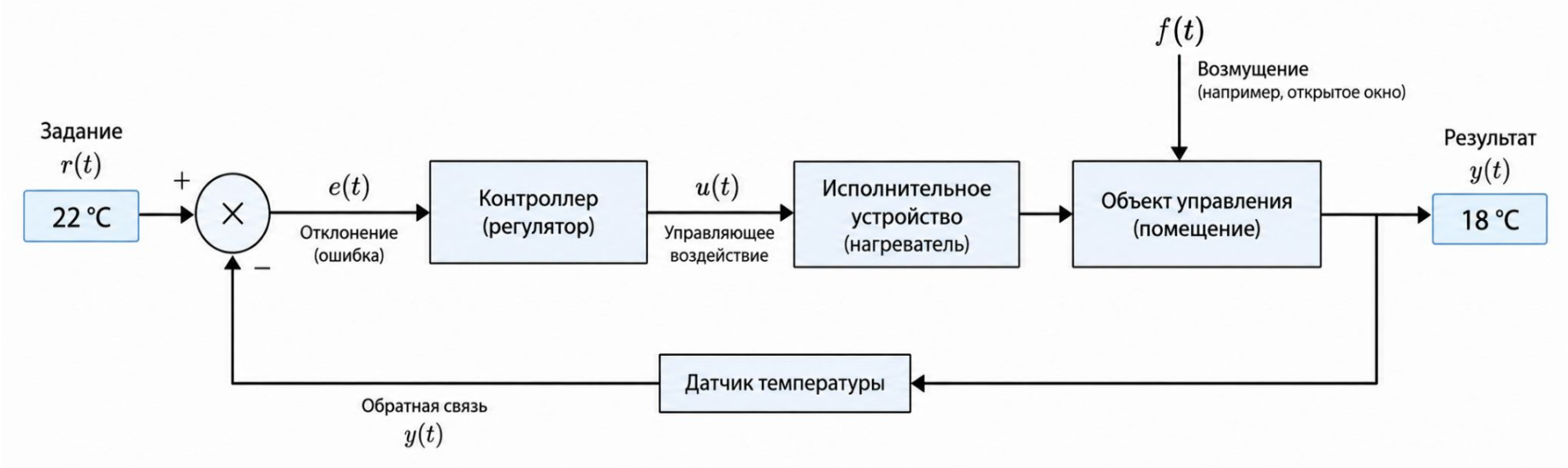


Пример: Открытое окно - Потери тепла - Снижение T помещения. Открытое окно является **возмущением**.

Возмущение — внешнее или внутреннее воздействие, которое стремится изменить состояние объекта и отклонить регулируемую величину от требуемого значения.

Обратная связь

Обратная связь — передача информации о фактическом состоянии или выходной величине объекта обратно в управляющее устройство. Контроллер постоянно получает информацию о фактической температуре.



Основные принципы управления

1. Принцип разомкнутого управления

2. Принцип компенсации — управление по возмущению

3. Принцип обратной связи — управление по отклонению

Принцип разомкнутого управления

Разомкнутое управление

Управляющее воздействие формируется **без измерения результата управления** (обратной связи нет).

Задание
(уставка, программа)
→
Контроллер
(таймер, логика)
→
Исполнительное устройство
(реле)
→
Объект
(лампа)
→
Результат
(включена/выключена)

Пример: автоматическое освещение по таймеру



18:00
Задание
(время включения)
→


Таймер
(контроллер)
→

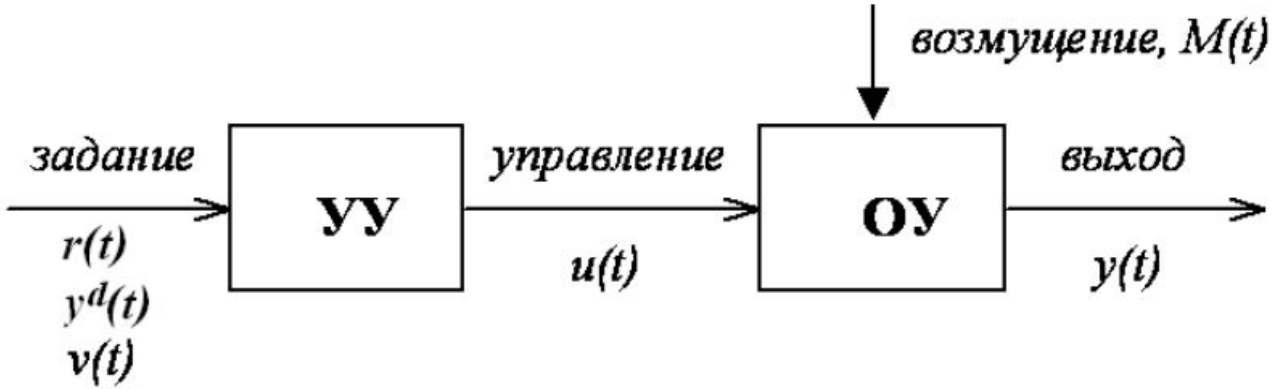

Реле
(исполнительное устройство)
→


Лампа
(объект)
→


Результат:
лампа включена

Система не проверяет фактическую освещённость.
Даже если на улице ещё светло, лампа всё равно включится.

Принцип разомкнутого управления



Принцип разомкнутого управления

Преимущества

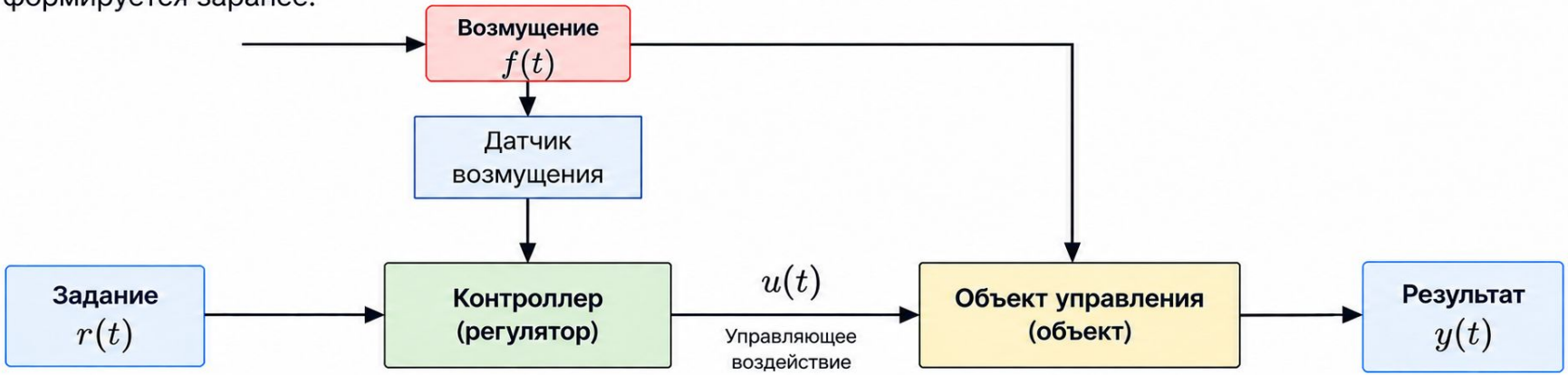
- простота;
- низкая стоимость;
- простая настройка;
- не требуется измерять выходную величину.

Недостатки

Система не может автоматически определить, был ли получен требуемый результат, поэтому возмущения и изменения объекта могут приводить к ошибке.

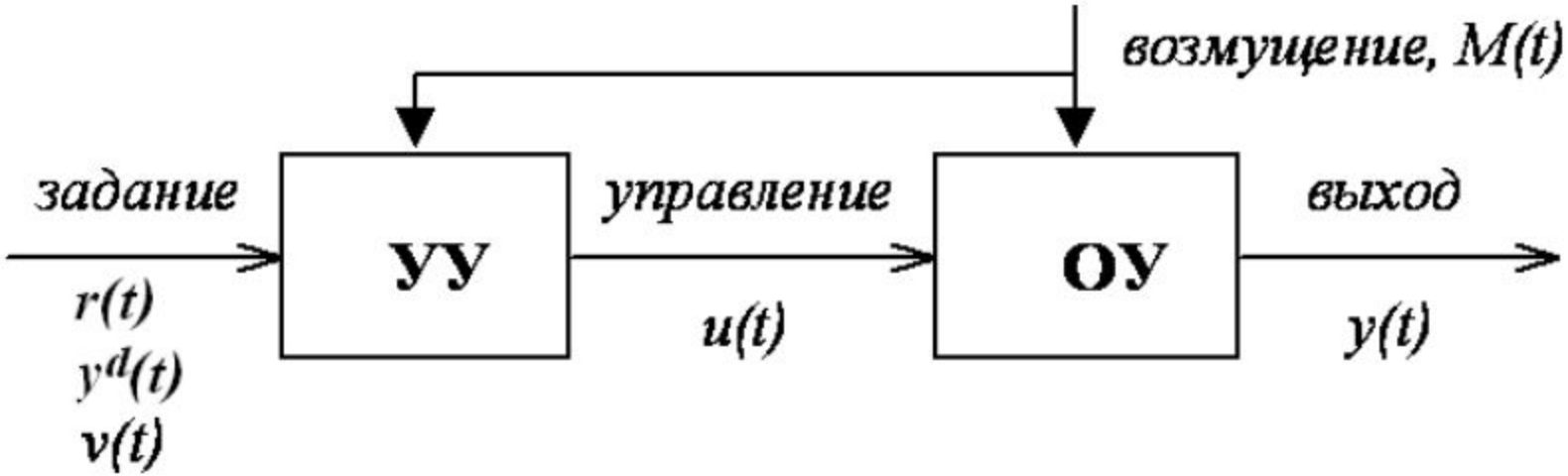
Управление по возмущению

Измеряется возмущение до того, как оно повлияет на объект, и управляющее воздействие формируется заранее.



Цель — заранее компенсировать влияние возмущения на объект.

Принцип компенсации (управление по возмущению)



Принцип компенсации (управление по возмущению)

Система старается **заранее компенсировать влияние возмущения**.

В feedforward-control измеряется возмущение и управляющее воздействие может формироваться до того, как его влияние полностью проявится на выходе; эффективность такого подхода зависит от того, насколько хорошо известна связь между возмущением и объектом

Принцип компенсации (управление по возмущению)

Преимущества

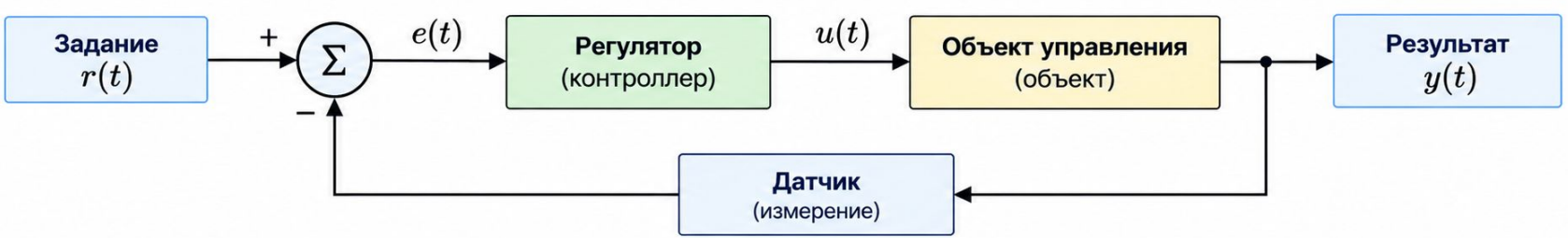
- **Быстрая реакция на возмущение** — система может начать компенсировать его заранее.
- **Уменьшение влияния внешних факторов** на объект управления.
- **Меньшее отклонение регулируемой величины** от заданного значения.
- Особенно эффективно, если возмущение можно **измерить заранее и достаточно точно**.

Недостатки

- Необходимо **измерять возмущение**, поэтому требуются дополнительные датчики.
- Не все возмущения можно измерить.
- Система должна достаточно хорошо знать, **как возмущение влияет на объект**.
- Неизмеренные возмущения система непосредственно компенсировать не сможет.
- Без обратной связи система **не видит фактическую ошибку на выходе**.

Принцип обратной связи (Управление по отклонению)

Принцип обратной связи заключается в том, что система измеряет фактическое значение выходной величины y(t)y(t), сравнивает его с заданным значением r(t)r(t) и формирует управляющее воздействие в зависимости от возникшего отклонения (ошибки).



Принцип обратной связи (Управление по отклонению)

Преимущества

- **Контролируется фактический результат** работы системы.
- Система может **автоматически уменьшать возникшую ошибку**.
- Может компенсировать влияние различных возмущений, если они проявились в изменении выходной величины.
- **Меньшая зависимость от точности модели объекта**, чем при управлении только по возмущению.
- Позволяет поддерживать регулируемую величину около заданного значения при изменении условий работы.

Недостатки

- Система начинает корректировать управление **после того, как отклонение уже появилось**.
- Требуются **датчики и канал обратной связи**, что усложняет систему.
- Ошибки и шум измерения датчика могут влиять на управление.
- Неправильно настроенный регулятор может вызвать **колебания**.
- При неудачном проектировании замкнутая система может стать **неустойчивой**.

Комбинированная САУ

Комбинированное управление — это совместное использование **управления по возмущению** и **управления по отклонению (обратной связи)**. То есть система одновременно:

1. измеряет возмущение f(t) и старается заранее компенсировать его влияние;
2. измеряет фактический выход y(t), сравнивает его с заданием r(t) и корректирует оставшуюся ошибку.

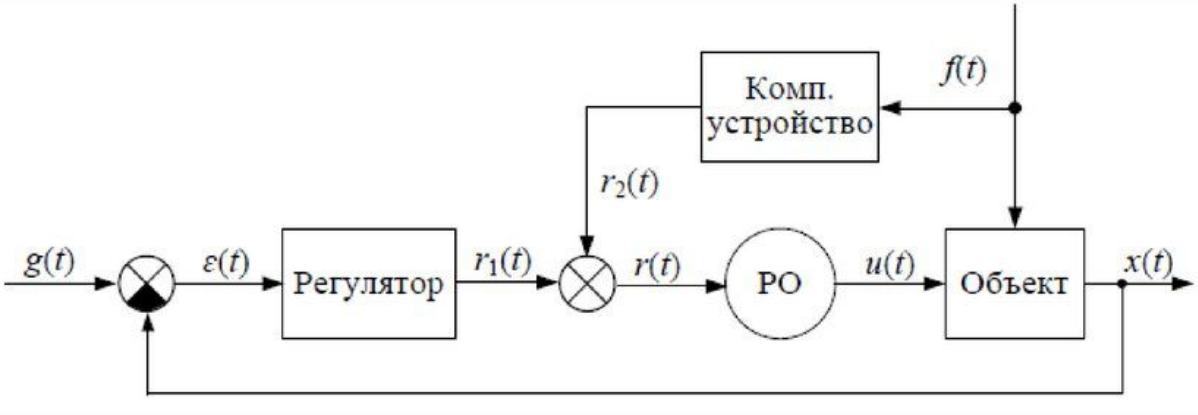


Рис. 4. Структурная схема комбинированной САУ

Комбинированное управление — не совершенно отдельный фундаментальный принцип наравне с остальными, а сочетание управления по возмущению и по отклонению.

Потому что два принципа дополняют друг друга:

Управление по возмущению: «Я вижу причину будущего отклонения → попробую компенсировать её заранее».

Обратная связь: «Я вижу, что результат всё-таки отличается от заданного → исправлю оставшуюся ошибку».

Преимущества

- более быстрая реакция на измеряемые возмущения;
- высокая точность благодаря обратной связи;
- уменьшение отклонения регулируемой величины;
- компенсация ошибок, которые не удалось устранить управлением по возмущению;
- сочетает преимущества двух принципов.

Недостатки

- более сложная структура;
- требуется больше датчиков;
- более высокая стоимость;
- более сложные настройка и проектирование;
- необходимо знать влияние измеряемого возмущения на объект.

Классификация САУ

1) По наличию обратной связи САУ (разомкнутые и замкнутые)

2) По характеру сигналов (непрерывный(аналоговый), дискретный/цифровые)

3) По характеру задания (Стабилизирующие , Программные, Следящие)

и т.д

Разомкнутая	Замкнутая
Нет обратной связи	Есть обратная связь
Выход не используется для коррекции	Выход измеряется
Простая структура	Более сложная структура
Обычно дешевле	Требуются датчики и дополнительные элементы
Не исправляет ошибку по выходу автоматически	Может автоматически уменьшать ошибку
Пример: таймер	Пример: термостат

Feedback способен улучшать точность и подавление возмущений, хотя замыкание контура требует корректного проектирования и может создавать проблемы устойчивости.

Классификация САУ по характеру сигналов

Сигнал — это физическая величина или последовательность данных, с помощью которой элементы системы передают информацию.

Например, датчик температуры должен каким-то образом сообщить контроллеру: **«температура сейчас 25 °C»**. Эта информация может быть представлена разными видами сигналов.

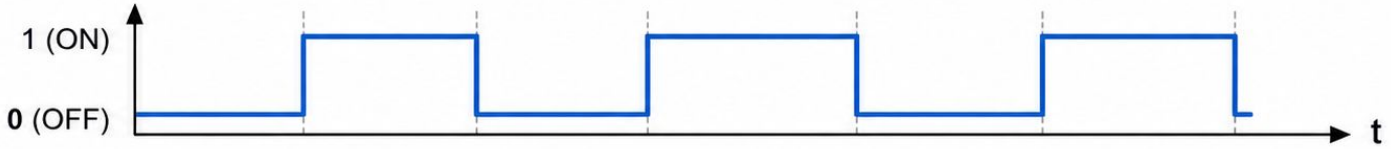
В **непрерывной системе** сигналы могут изменяться непрерывно во времени и принимать любое значение в некотором диапазоне. Например, датчик температуры имеет аналоговый выход **0–10 V**:

Дискретные сигналы

Дискретный сигнал имеет отдельные (конечные) состояния.
В простейшем случае два состояния: **0** и **1**.

Значение	Состояние
0	**OFF** (Выключено)
1	**ON** (Включено)

Дискретный сигнал



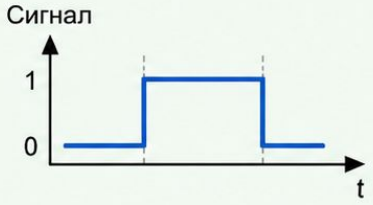
Пример 1. Кнопка

Не нажата → 0 (OFF)
Нажата → 1 (ON)



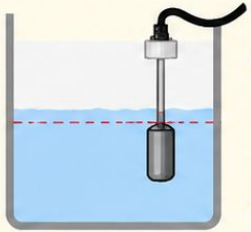
Не нажата
0 (OFF)

Нажата
1 (ON)



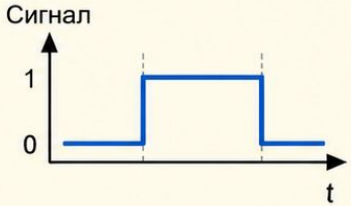
Пример 2. Датчик уровня воды

Уровень ниже заданного → 0 (OFF)
Уровень достигнут → 1 (ON)



Уровень достигнут
1 (ON)

Уровень ниже заданного
0 (OFF)



Дискретные сигналы используются для представления двух и более фиксированных состояний.

У **дискретного сигнала** значения изменяются не непрерывно, а принимают отдельные состояния или обрабатываются в отдельные моменты времени. два состояния: 0 или 1

Цифровой сигнал — это разновидность дискретного представления информации, при котором информация кодируется числами, обычно в двоичной форме. Например, датчик измерил: T=25C Микроконтроллер может представить число 25 двоичным кодом: 25 = 00011001



Классификация по характеру задания

Стабилизирующая система предназначена для поддержания регулируемой величины около заданного постоянного значения.

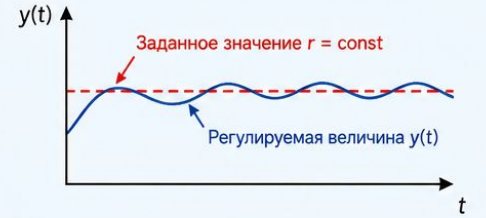
Программные системы - в программной системе заданная величина изменяется по заранее определённой программе.

Следящие системы - в следящей системе заданное значение изменяется во времени, а система должна следовать за ним.

Классификация САУ по характеру задания (цели управления)

1. Стабилизирующая система

Предназначена для поддержания регулируемой величины около заданного постоянного значения.





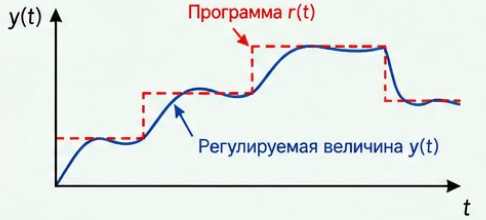
Примеры

- поддержание температуры в помещении
- поддержание давления в трубопроводе
- поддержание уровня жидкости в резервуаре
- поддержание скорости двигателя
- стабилизация напряжения



2. Программные системы

В программной системе заданная величина изменяется по заранее определённой программе.





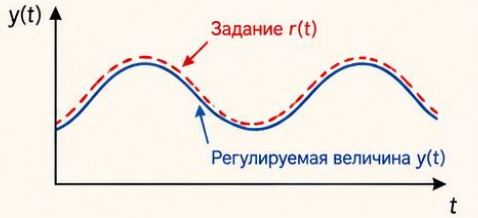
Примеры

- температурные режимы в печах
- циклы работы стиральной машины
- управление технологическими процессами
- заряд/разряд аккумуляторов
- автоматические линии с заданной последовательностью операций



3. Следящие системы

В следящей системе заданное значение изменяется во времени, а система должна следовать за ним.





Примеры

- сервоприводы (позиционирование)
- системы наведения антенн
- роботизированные манипуляторы
- слежение за движущимся объектом
- солнечные трекеры
- круиз-контроль автомобиля (при изменении задания)



Отличие: характер изменения заданного значения $r(t)$