

Аналитические методы синтеза цифровых следящих систем

Конспект лекций

Лекция 3.

Основные принципы управления (по воздействиям, по отклонению, по состоянию, комбинированное, по выходу и воздействиям).

Типовые законы управления.

Жизненный цикл САУ.

Задачи и этапы проектирования САУ.

Основные принципы управления. Определение принципа управления

Та или иная система автоматического управления (САУ) создается обычно на основе определенного **принципа управления**, который и определяет вид **закона управления** - аналитического соотношения, которое определяет связь управляющего воздействия $u(t)$ с имеющейся информацией о цели управления $g(t)$, ходе управляемого процесса в виде выходной переменной $y(t)$, отклонений выходной переменной от задающего воздействия $\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$ и переменных состояния объекта управления $x(t)$, а также внешних воздействиях $f(t)$, приложенных к системе:

$$u(t) = U(g, \varepsilon, f, y, x) - \text{обобщенный закон управления}$$

Примечание - если какой-то сигнал не доступен измерению, т.е. не поступает на вход УУ, то его обработка в УУ не производится, а его составляющая в обобщенном законе управления принимается равной нулю!

С другой стороны, закон управления реализуется устройством управления (УУ) САУ, поэтому принцип управления определяет фактически и принцип функционирования соответствующего автоматического УУ.

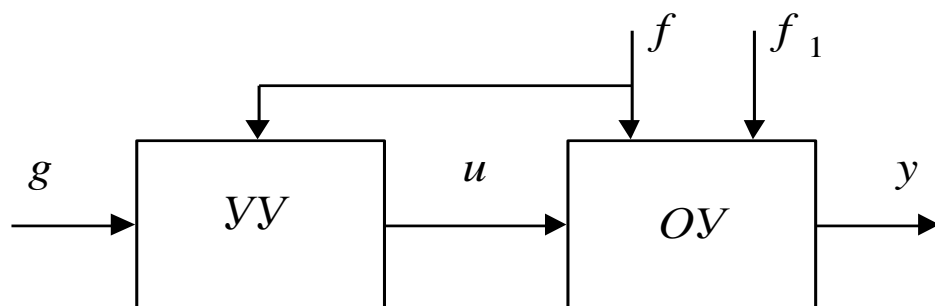
Основными принципами управления являются следующие:

- управление по воздействиям;
- управление по отклонению;
- управление по состоянию;
- комбинированное управление.

Рассмотрим кратко основные свойства САУ, построенных на основе этих принципов.

Основные принципы управления. САУ с управлением по воздействиям

Структурная схема



Закон управления

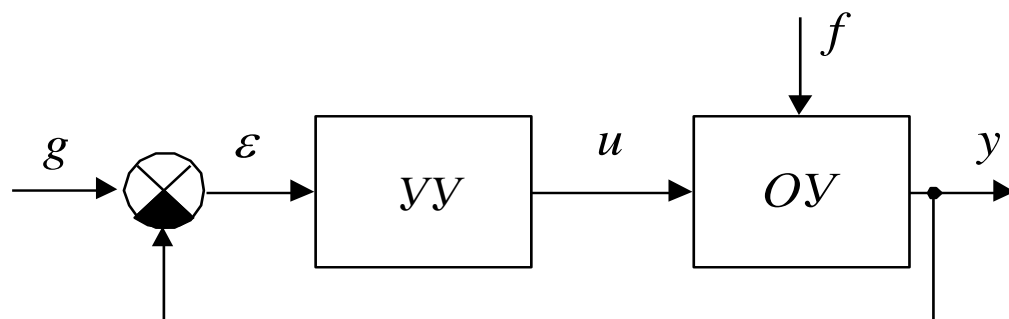
$$u(t) = U(g, \dot{g}, \ddot{g}, \dots, \int g dt, \dots, f, \dot{f}, \ddot{f}, \dots, \int f dt, \dots)$$

Свойства

- система разомкнутая;
- компенсируется влияние (вредное) только измеряемых воздействий. Влияние не измеряемых воздействий не компенсируется;
- ошибка системы очень сильно зависит от параметров системы и при их изменении сильно изменяется;
- при определенных дополнительных условиях имеется возможность полной компенсации влияния измеряемого воздействия при любой его форме;
- системы данного типа обладают более высоким быстродействием по сравнению с системами других типов, так как компенсация влияния воздействия начинается одновременно с его возникновением.

Основные принципы управления. САУ с управлением по отклонению

Структурная схема (классическая структура следящей системы)



Закон управления

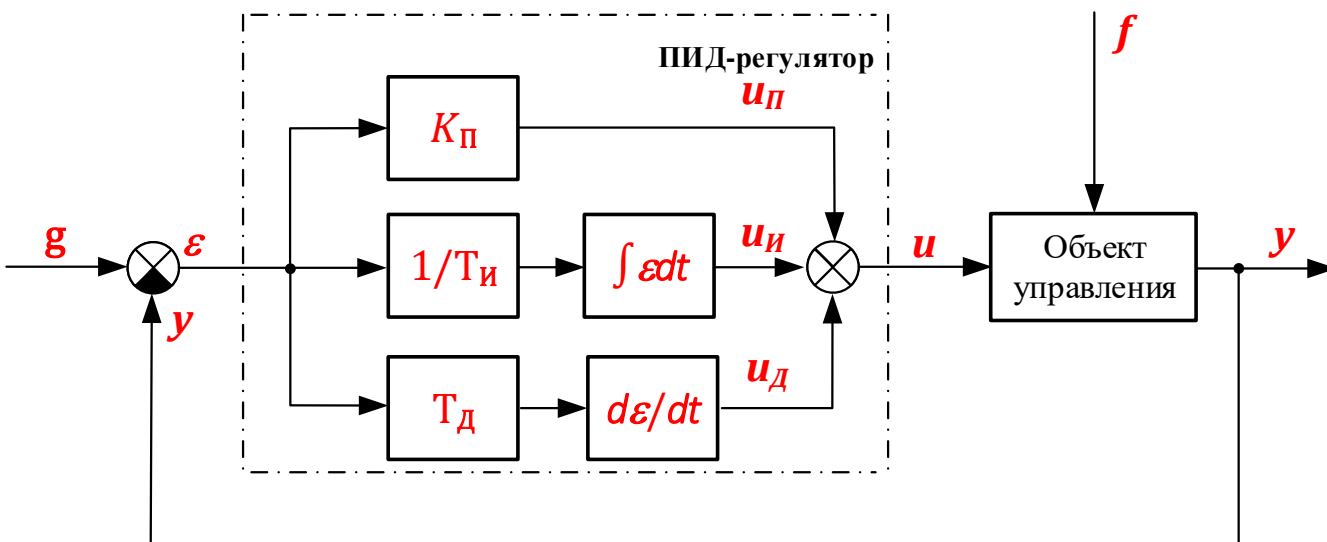
$$u(t) = U(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, \ddot{\varepsilon}, \dots, \int \varepsilon dt, \dots)$$

Свойства

- система замкнутая. Это существенно меняет свойства системы в сторону их улучшения;
- компенсируется влияние всех воздействий (и измеряемых, и не измеряемых), приложенных к замкнутому контуру. Это одно из основных достоинств систем данного типа;
- свойства системы значительно менее чувствительны к изменениям параметров объекта и регулятора (при достаточно большом коэффициенте усиления в замкнутом контуре);
- влияние воздействий не может быть скомпенсировано полностью, так как если нет отклонения, то не будет и управления;
- быстродействие системы ниже, чем в предыдущем случае, так как компенсация воздействия начинается лишь после того, как возникнет отклонение.

САУ с управлением по отклонению. Типовые законы управления

Классическая структура следящей системы с ПИД-регулятором



Пример типового закона управления – «ПИД-регулятор»

$$u(t) = U(\varepsilon, \dot{\varepsilon}, \int \varepsilon dt) = K_P \varepsilon + \frac{1}{T_I} \int \varepsilon dt + T_D \dot{\varepsilon}$$

Коэффициенты (параметры) УУ

K_P, T_I, T_D – коэффициент усиления пропорционального звена, постоянные времени интегрирующего и дифференцирующего звеньев соответственно, получаемых в результате решения задачи синтеза

Комбинации закона управления в классе «ПИД-регуляторов»:

П-регулятор: $u(t) = K_P \varepsilon$

И-регулятор: $u(t) = \frac{1}{T_I} \int \varepsilon dt$

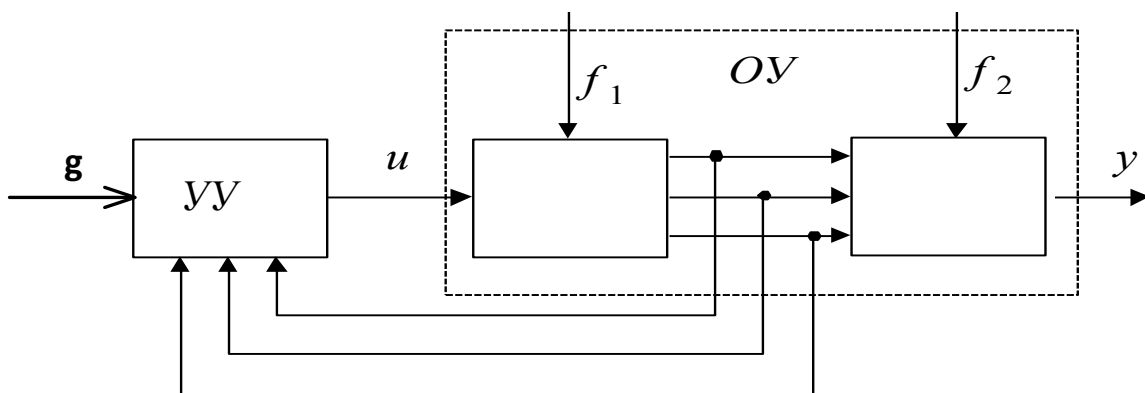
Д-регулятор: $u(t) = T_D \dot{\varepsilon}$

ПИ-регулятор: $u(t) = K_P \varepsilon + \frac{1}{T_I} \int \varepsilon dt$

ПД-регулятор: $u(t) = K_P \varepsilon + T_D \dot{\varepsilon}$

Основные принципы управления. САУ с управлением по состоянию

Структурная схема



Закон управления

$$u(t) = U(g, x_1, \dots, x_n)$$

$x = x_1, \dots, x_n$ - переменные состояния ОУ

Пример закона управления при модальном управлении

$$u = g - k_1 x_1 - k_2 x_2, \dots, -k_n x_n$$

$k = k_1, \dots, k_n$ - вектор коэффициентов (параметров) УУ, получаемых в результате решения задачи синтеза, размерность которого равна размерности вектора состояния x ОУ

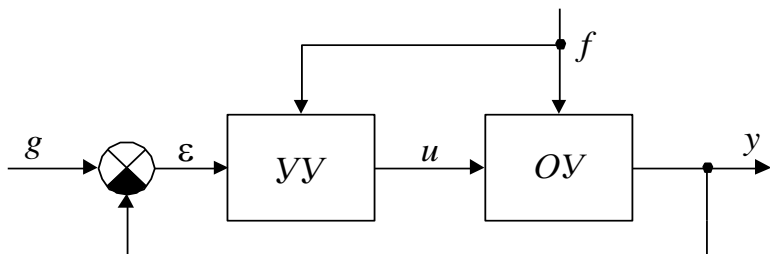
Свойства

По своим свойствам системы с управлением по состоянию близки к системам с управлением по отклонению, но за счет использования большей информации обладают более широкими возможностями в смысле придания желаемых характеристик системе управления.

Основные принципы управления. Системы с комбинированным управлением

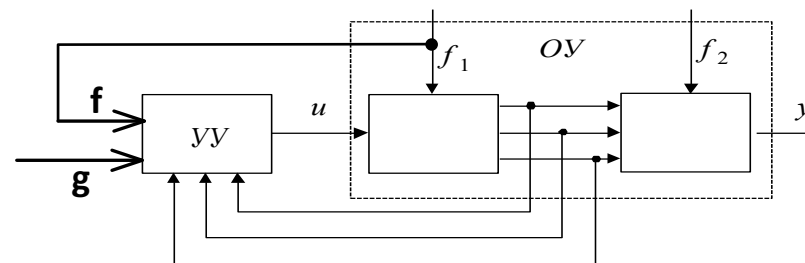
При комбинированном управлении в различных комбинациях объединяются основные принципы управления (ранее приведенные). Целью такого объединения стремятся придать САУ лучшие качественные свойства каждого из комбинируемых принципов.

управление по отклонению и воздействиям (по отклонению и возмущению)



$$u(t) = U(\varepsilon, f, \dot{\varepsilon}, \dot{f}, \dots, \int \varepsilon dt, \int f dt, \dots)$$

управление по состоянию и воздействиям (по состоянию и возмущению)



$$u(t) = U(x, g, \dot{g}, \dots, \int g dt, \dots, f, \dot{f}, \dots, \int f dt, \dots)$$

$x = x_1, \dots, x_n$ - вектор переменных состояния ОУ

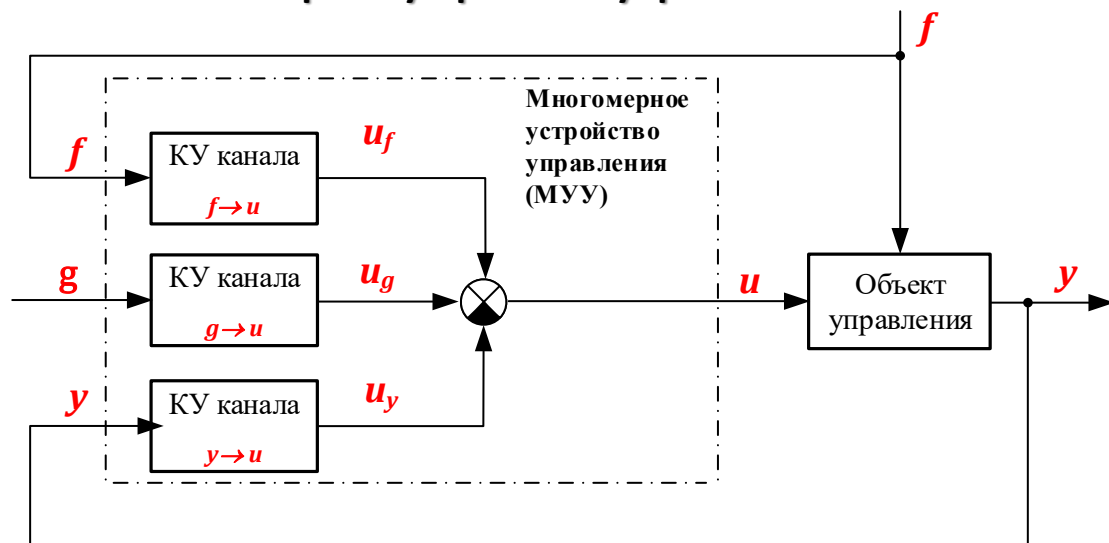
Свойства

Поэтому при построении комбинированных систем, например, с управлением по состоянию и воздействиям обычно с помощью управления по воздействиям стремятся устранить влияние наиболее сильных возмущений. Компенсация влияния остальных воздействий, а также обеспечение требований по динамике и точности системы возлагается на управление по состоянию.

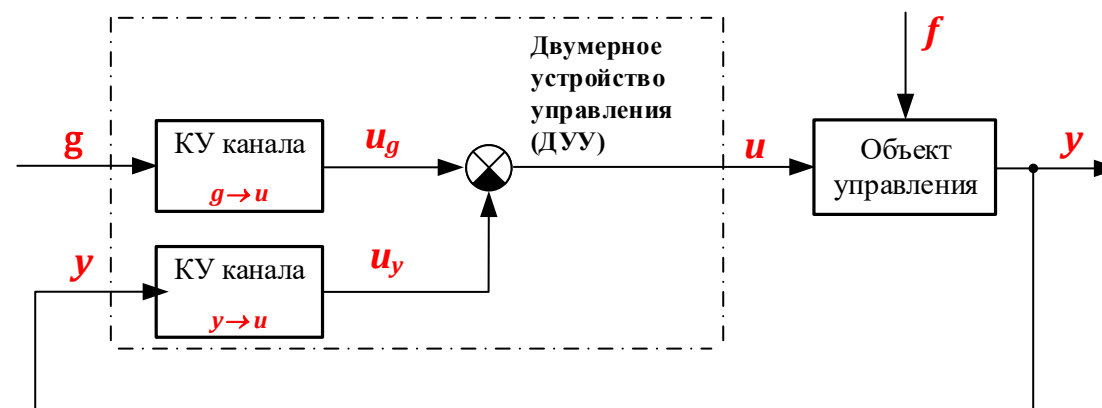
Системы с комбинированным управлением. Динамическое управление по выходу и воздействиям

В данной САУ с комбинированным управлением предложено связи в устройстве управления по всем его входным переменным выбирать непосредственно из условий обеспечения требуемого качества системы управления.

Многомерное устройство управления



Двумерное устройство управления

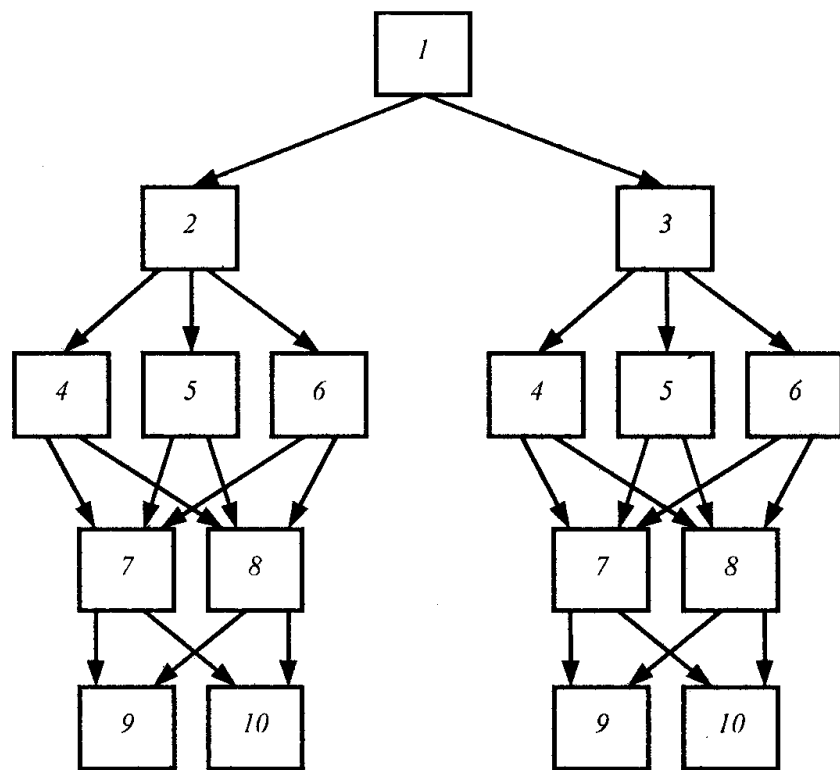


КУ – корректирующее устройство

Свойства

Такое УУ позволяет значительно расширить возможности обеспечения требуемых свойств САУ, а именно обеспечить устойчивость и заданные показатели качества как минимально-фазовых, так и неминимально-фазовых непрерывных систем. Метод, с помощью которого синтезируется такое УУ, стал называться **методом синтеза по заданным показателям качества**. Преимущество этого метода заключается в том, что он является **аналитическим**.

Классификация САУ



Линейными называют класс систем, описываемый линейными операторными уравнениями (например, линейными дифференциальными уравнениями или их системами), в противном случае система входит в класс нелинейных систем.

Линейными или нелинейными дискретными системами называются такие системы, которые описываются соответственно линейными или нелинейными разностными уравнениями или системами разностных уравнений.

Линейными или нелинейными стационарными системами называются системы, которые описываются дифференциальными уравнениями или системами уравнений с постоянными коэффициентами.

Нестационарными системами (линейными или нелинейными) называют системы автоматического управления, поведение которых описывается дифференциальными уравнениями или системами уравнений с переменными коэффициентами.

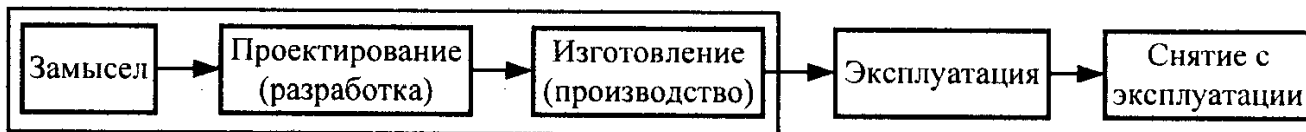
Сосредоточенными, или системами с сосредоточенными параметрами, называются системы, поведение которых описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями.

Распределенные системы — это системы, которые описываются дифференциальными уравнениями в частных производных.

- 1 — система автоматического управления (САУ); 2 — линейные САУ;
3 — нелинейные САУ; 4 — непрерывные САУ; 5 — дискретные САУ;
6 — непрерывно-дискретные САУ; 7 — стационарные системы; 8 — нестационарные системы;
9 — системы с сосредоточенными параметрами (сосредоточенные системы);
10 — системы с распределенными параметрами (распределенные системы)

Жизненный цикл САУ. Задачи и этапы проектирования САУ

Жизненный цикл САУ



Основная задача разработчиков САУ состоит в обеспечении взаимосвязи технических средств (технические средства — это серийно выпускаемые промышленные блоки) и в подчинении системы общим целям [131].

Сформулируем основные задачи, имеющие место при проектировании автоматических систем [131]:

- формулировка ТЗ, в котором должно быть указано, какими процессами требуется управлять, каковы цели управления и в каких условиях должно осуществляться управление;
- выяснение возможностей воздействия на управляемые процессы и прогноз внешних возмущений;
- оценка требуемой мощности исполнительных устройств (ИУ), выбор типа ИУ и источников питания;
- оценка возможностей получения текущей информации и выбор датчиков;
- построение законов управления (выбор структуры регулятора и расчет его параметров);
- реализация законов управления (аппаратная или с помощью программирования);
- компоновка системы в целом.

Основные этапы процесса проектирования систем управления

