

Материал к лекции можно просмотреть и скачать на сайте кафедры:
<http://k301.info> в разделе Дисциплины / Теория автоматического управления

Специальности:

- Авионика
- Компьютеризованные системы управления и автоматики
- Системы аэронавигационного обслуживания

Дисциплина:

Теория автоматического управления

Курс, семестр, уч. год:

4, весенний, 2018/2019

Кафедра:

301 – СУЛА

Руководитель обучения: Профессор, д.т.н. Кулик Анатолий Степанович

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕКЦИИ № 4

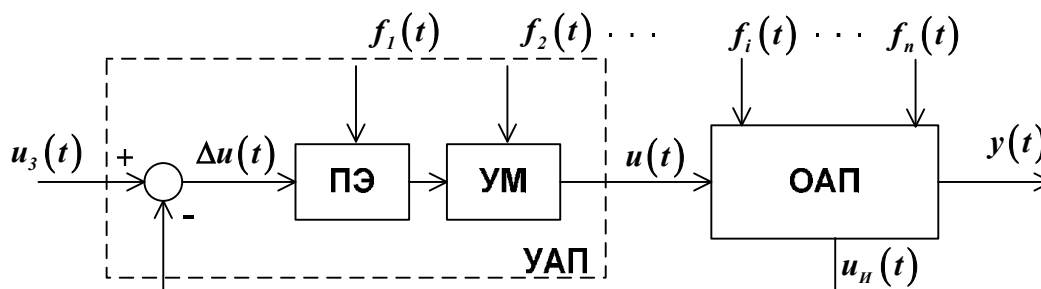
ТЕМА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПА УПРАВЛЕНИЯ ПО ОТКЛОНЕНИЮ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ



I. ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ПО ОТКЛОНЕНИЮ

Этот принцип был освоен и начал использоваться на заре человеческой цивилизации. До наших дней дошло много исторических фактов из древней Греции, Ближнего Востока, Голландии, Англии, России и других стран об эффективном использовании этого принципа для измерения времени (например, часы «КЛЕПСИДРА»), в масляном фонаре, в регуляторе температуры и ряде других автоматических устройств.

Информационные особенности САП, построенной с использованием принципа управления по отклонению, представим с помощью функциональной схемы:



Здесь **ОАП** – объект автоматического позиционирования; **УАП** – устройство автоматического позиционирования; **ПЭ** – преобразовательный элемент; **УМ** – усилитель мощности; $u_3(t)$ – задающее воздействие, $y(t)$ – управляемая величина; $\Delta u(t) = u_3(t) - u_n(t)$ – (греч. эпсилон) отклонение; $f_i(t)$, $i = \overline{1, n}$ – возмущающие воздействия.



Суть этого принципа управления можно восстановить по конспекту «Введение в специальность».

Для реализации этого принципа необходимо осуществлять сравнение действительного измеренного значения управляемой величины $u_n(t)$ с задающим значением $u_z(t)$ и управлять в зависимости от результатов этого сравнения. Следовательно, для реализации принципа управления по отклонению необходимо использовать отрицательную обратную связь.



Отрицательная обратная связь – это связь, осуществляющая передачу измерений управляемой величине на отрицательный вход сумматора, формирующего сигнал ошибки

В рассмотренной схеме управляющее воздействие $u(t)$ формируется в зависимости от величины и знака отклонения управляемой величины от задающего воздействия. Эту зависимость в общем виде можно представить таким образом

$$u(t) = \psi[u_z(t), u_n(t)] = \psi[\Delta u(t)]$$

II. ЗАДАЧА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Задача позиционирования заключается в обеспечении практического изменения управляемой величины в соответствии с задающим воздействием при влиянии на процесс управления возмущений.



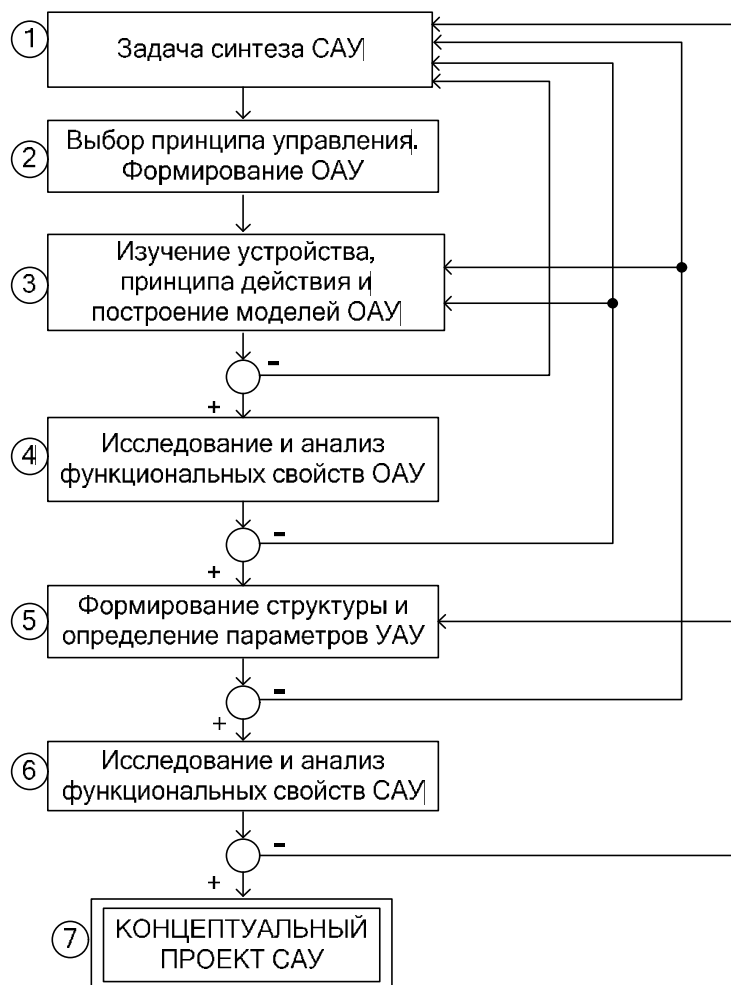
Физические величины, оказывающие мешающее воздействие на процесс управления, называются возмущающими воздействиями или возмущениями



1. Сколько возмущений действуют на лабораторный стенд ОАП?
2. Перечислите наиболее характерные?
3. Причины появления и существования возмущений?
4. Как оценить энергетические свойства возмущений?
5. Как использовать полученные оценки для формирования УАП?

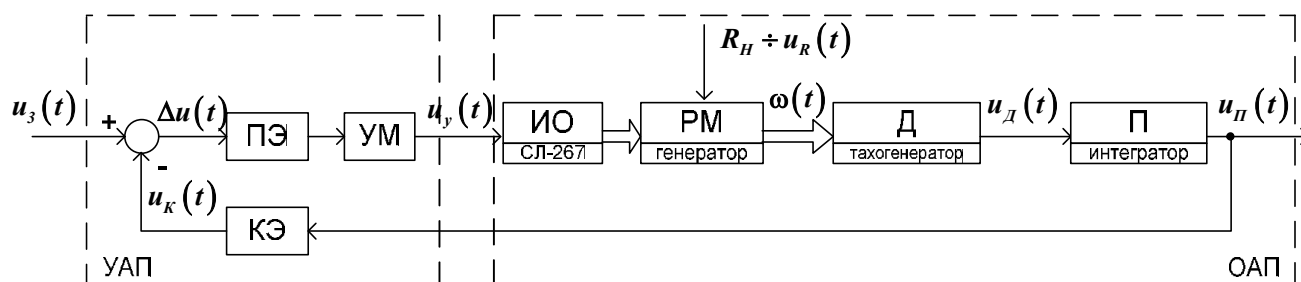
Для решения задачи позиционирования с использованием принципа управления по отклонению необходимо согласно этапу 2 блок-схемы процесса синтеза САУ (см. лекция №1, часть 1 конспекта по ТАУ) сформировать ОАП и его модели, исследовать свойства ОАП и далее в соответствии с блок-схемой:

Блок-схема процесса синтеза САУ

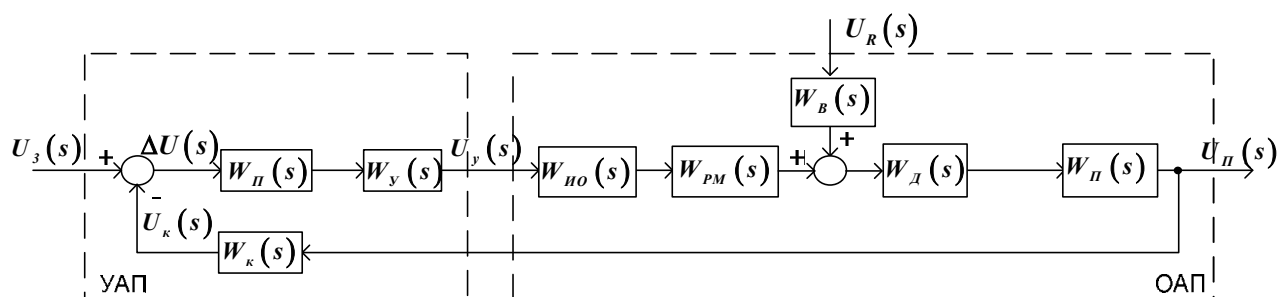


III. ЛАБОРАТОРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Функциональную схему стендовой САП лаборатории «Автоматического управления» можно представить в таком виде:

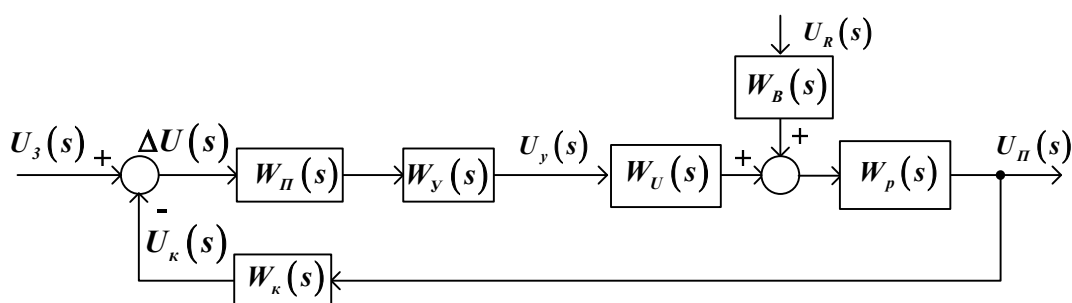


Линейное приближённое описание процессов управления в замкнутом контуре можно представить в форме следующей структурной схемы



Все обозначения на структурной схеме введены в соответствии с обозначениями на функциональной схеме.

Если ввести новые обозначения: $W_U(s) = W_{НО}(s)W_{РМ}(s)$ и $W_P(s) = W_Д(s)W_П(s)$, то структурную схему можно представить в таком более компактном виде:



Рассмотрим основные передаточные функции замкнутой САП исходя из её структурной схемы. При этом будем пользоваться известными правилами преобразования структурных схем.

1. **Передаточная функция разомкнутой системы по управляющему воздействию** представляет собой отношение изображения управляемой величины $U_Π(s)$ к изображению задающего воздействия $U_3(s)$ при нулевых (почему?) начальных условиях

$$W(s) = \frac{U_Π(s)}{U_3(s)}.$$

При вычислении этой передаточной функции размыкается отрицательная обратная связь на выходе и принимается в соответствии с принципом суперпозиции $U_R(s) \equiv 0$, тогда

$$W(s) = \frac{U_Π(s)}{U_3(s)} = W_Π(s)W_γ(s)W_U(s)W_P(s).$$

Передаточная функция разомкнутой системы по управляющему воздействию равна произведению (почему?) передаточных функций, расположенных на линии управления, связывающей задающее воздействие с управляемой величиной. Размерность передаточной функции определяется отношением размерностей $\frac{[u_{II}(t)]}{[u_3(t)]}$. Целесообразно проверять правильность выполненных преобразований при вычислении передаточной функции $W(s)$ с помощью размерностей.

В конструктивном виде $W(s)$ можно представить так

$$W(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_3(s)} = \frac{\kappa_{II} \kappa_Y \kappa_U \kappa_P}{(T_{ЭМ} s + 1) s} = \frac{\kappa_{II} \kappa_Y \kappa_U \kappa_P}{T_{ЭМ} s^2 + s} = \frac{\kappa}{T_{ЭМ} s^2 + s},$$

где $\kappa = \kappa_{II} \kappa_Y \kappa_U \kappa_P$ – коэффициент передачи по управляющему воздействию разомкнутой системы.

2. **Передаточная функция разомкнутой системы по возмущающему воздействию** представляет собой отношение изображения управляемой величины $U_{II}(s)$ к изображению возмущающего воздействия $U_R(s)$ при нулевых начальных условиях

$$W_f(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_R(s)}.$$

При определении этой передаточной функции размыкается отрицательная обратная связь на выходе и принимается условие, что $U_3(s) \equiv 0$?, тогда

$$W_f(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_R(s)} = W_B(s) W_P(s).$$

Следовательно, передаточная функция $W_f(s)$ равна произведению передаточных функций, расположенных на линии передачи возмущающего воздействия на выход системы.

В конструктивном виде $W_f(s)$ будет описываться таким выражением

$$W_f(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_R(s)} = \frac{-\kappa_B}{(T_{ЭМ} s + 1)} \frac{\kappa_P}{s} = \frac{-\kappa_B \kappa_P}{T_{ЭМ} s^2 + s} = \frac{-\kappa_B'}{T_{ЭМ} s^2 + s},$$

здесь $\kappa_B' = \kappa_B \kappa_P$ – коэффициент передачи по возмущающему воздействию разомкнутой системы.

3. **Основная передаточная функция замкнутой системы** определяется отношением изображения управляемой величины $U_{II}(s)$ изображению задающего воздействия $U_3(s)$ при нулевых начальных условиях

$$\Phi(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_3(s)} = \frac{W(s)}{1 + W_K(s)W(s)}$$

При получении $\Phi(s)$ используется формула замыкания или правила преобразования структурных схем.
Вспомните, пожалуйста!

При получении $\Phi(s)$ принимаем, что $U_R(s) \equiv 0$.

В конструктивном виде основная передаточная функция представляет отношение следующих полиномов

$$\Phi(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_3(s)} = \frac{\kappa}{T_{ЭМ} s^2 + s + \kappa_K \kappa}$$

В канонической (?) форме $\Phi(s)$ можно представить так

$$\Phi(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_3(s)} = \frac{\frac{1}{\kappa_K}}{\frac{T_{ЭМ}}{\kappa_K \kappa} s^2 + \frac{1}{\kappa_K} s + 1} = \frac{\kappa_3}{\frac{T_{ЭМ}}{\kappa_K \kappa} s^2 + \frac{1}{\kappa_K} s + 1},$$

здесь $\kappa_3 = \frac{1}{\kappa_K}$ – коэффициент передачи замкнутой системы по управляющему воздействию.

4. **Передаточная функция замкнутой системы по возмущающему воздействию** представляет собой отношение изображения управляемой величины $U_{II}(s)$ к изображению возмущающего воздействия $U_R(s)$ при нулевых начальных условиях и при $U_3(s) \equiv 0$.

$$\Phi_f(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_R(s)} = \frac{W_f(s)}{1 + W_K(s)W(s)}$$

Подставим конкретные выражения передаточных функций получим выражение $\Phi_f(s)$ в следующем конструктивном виде

$$\Phi_f(s) = \frac{U_{II}(s)}{U_R(s)} = \frac{-\kappa_B'}{T_{ЭМ} s^2 + s + \kappa_K \kappa} = \frac{-\kappa_3^B}{\frac{T_{ЭМ}}{\kappa_K \kappa} s^2 + \frac{1}{\kappa_K} s + 1},$$

здесь $\kappa_3^B = \frac{\kappa_B'}{\kappa_K \kappa}$ – коэффициент передачи замкнутой системы по возмущающему воздействию.

5. **Передачная функция замкнутой системы для ошибки по задающему воздействию** представляет собой отношение изображения ошибки системы $\Delta U(s)$ к изображению задающего воздействия $U_3(s)$ при нулевых начальных условиях и при $U_R(s) \equiv 0$

$$\Phi_{\Delta u}(s) = \frac{\Delta U(s)}{U_3(s)} = \frac{1}{1 + W_K(s)W(s)} = \frac{T_{\text{ЭМ}}s^2 + s}{T_{\text{ЭМ}}s^2 + s + \kappa_K \kappa} = \frac{\frac{1}{\kappa_K \kappa}(T_{\text{ЭМ}}s^2 + s)}{\frac{T_{\text{ЭМ}}}{\kappa_K \kappa}s^2 + \frac{1}{\kappa_K \kappa}s + 1}.$$

6. **Передачная функция замкнутой системы для ошибки по возмущающему воздействию** определяется отношением изображения ошибки системы $\Delta U(s)$ к изображению возмущающего воздействия $U_R(s)$ при нулевых начальных условиях и при $U_3(s) \equiv 0$

$$\Phi_{\Delta u}^f(s) = \frac{\Delta U(s)}{U_R(s)} = \frac{W_f(s)W_K(s)}{1 + W_K(s)W(s)} = \frac{-\kappa_B' \kappa_K}{T_{\text{ЭМ}}s^2 + s + \kappa_K \kappa}.$$

В канонической форме $\Phi_{\Delta u}^f(s)$ будет иметь вид

$$\Phi_{\Delta u}^f(s) = \frac{\Delta U(s)}{U_R(s)} = \frac{\frac{-\kappa_B'}{\kappa}}{\frac{T_{\text{ЭМ}}}{\kappa_K \kappa}s^2 + \frac{1}{\kappa_K \kappa}s + 1} = \frac{-\kappa_{\text{е}}^f}{\frac{T_{\text{ЭМ}}}{\kappa_K \kappa}s^2 + \frac{1}{\kappa_K \kappa}s + 1},$$

здесь $\kappa_{\text{е}}^f$ – коэффициент передачи замкнутой системы ошибки от возмущающего воздействия.

Используя полученные передаточные функции можно исследовать интересующие характеристики САП. Например,

$$U_{\text{П}}(s) = \Phi(s)U_3(s) + \Phi_f(s)U_R(s) = \frac{\kappa_3}{\frac{T_{\text{ЭМ}}}{\kappa_K \kappa}s^2 + \frac{1}{\kappa_K \kappa}s + 1}U_3(s) + \frac{-\kappa_3^B}{\frac{T_{\text{ЭМ}}}{\kappa_K \kappa}s^2 + \frac{1}{\kappa_K \kappa}s + 1}U_R(s) = \frac{\kappa_3 U_3(s) - \kappa_3^B U_R(s)}{\frac{T_{\text{ЭМ}}}{\kappa_K \kappa}s^2 + \frac{1}{\kappa_K \kappa}s + 1}.$$



Добрый человек в добре проживет век