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

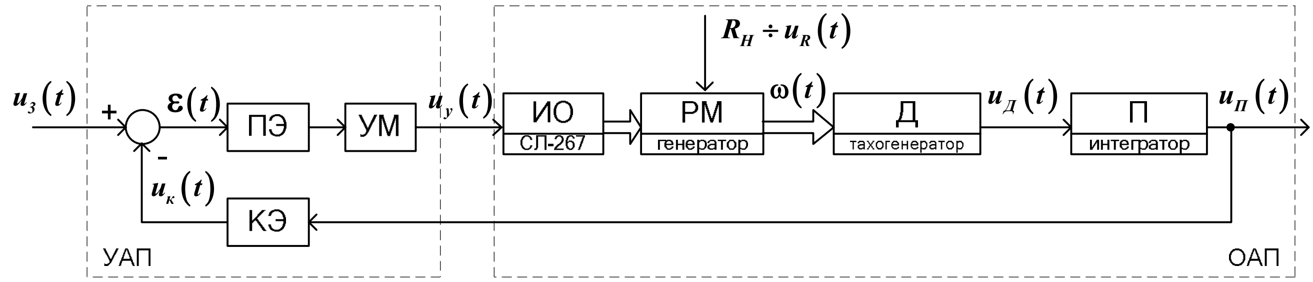
Специальности :	• Авионика • Автоматизация и компьютерно-интегрованные технологии • Авиационный транспорт
Дисциплина:	Теория автоматического управления
Курс, семестр, уч. год:	3, весенний, 2018/2019
Кафедра:	301 – СУЛА
Руководитель обучения:	Профессор, д.т.н. Кулик Анатолий Степанович

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕКЦИИ № 11

ТЕМА: ТИПОВЫЕ КОНФИГУРАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА САП

Не нужен ученый, а нужен смышленый

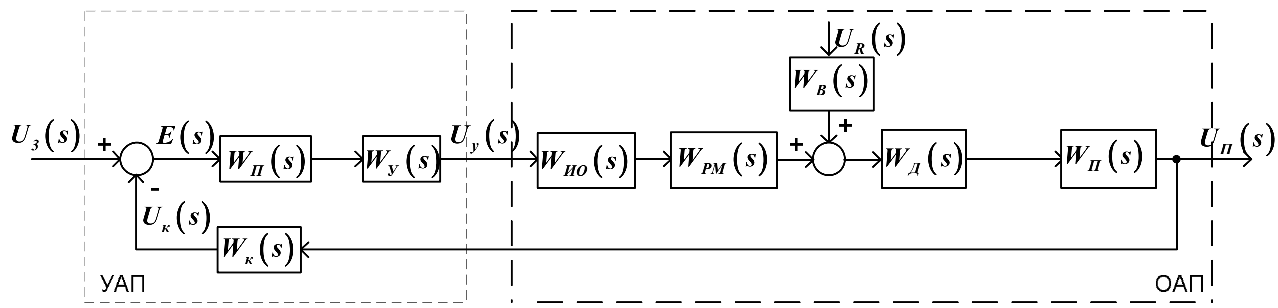
Рассмотрим функциональную схему стендовой САП лаборатории «Автоматического управления»



Преобразовательный элемент (ПЭ) – одно из возможных ресурсных средств решения ***задачи устойчивости*** и ***задачи обеспечения качества*** замкнутой САП.

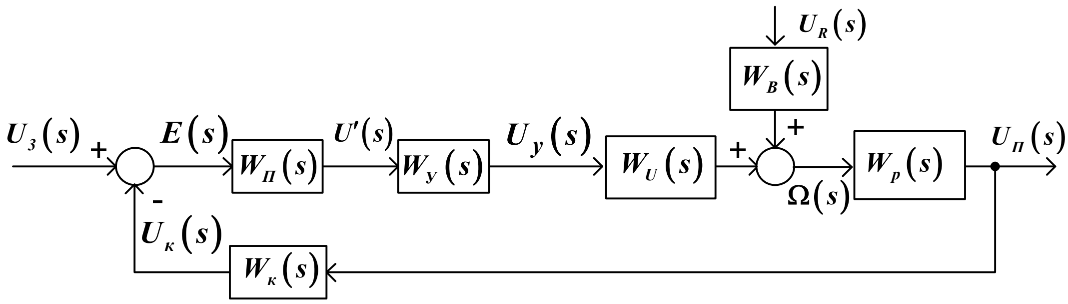
Задачи устойчивости и качества замкнутой САП рационально решаются в классе линейных систем управления, т.е. систем представленных линеаризованными математическими моделями в форме линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, а также в форме передаточных функций.

Представим лабораторную САП с помощью структурной схемы следующего вида:



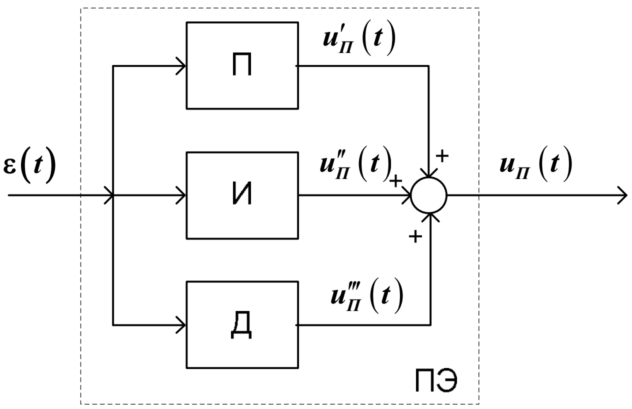
Все обозначения на структурной схеме приведены в соответствии с функциональной схемой.

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



Конфигурация *(от позднелатинского configuratio – придание формы, расположения) – внешний вид, очертание, <u>взаимное расположение элементов</u>*

В последние годы получила широкое распространение в теории и практике автоматического управления пропорционально-интегрально-дифференциальная (ПИД) структура преобразовательного элемента (ПЭ) – ПИД ПЭ. Функциональную схему обобщенного ПИД ПЭ представим в таком виде



Здесь $\varepsilon(t)$ – отклонение, B;

$u_П(t)$ – выходное напряжение ПЭ, B;

П – пропорциональный элемент;

И – интегрирующий элемент;

Д – дифференцирующий элемент.

В линейном приближении составляющие ПЭ можно описать такими уравнениями:

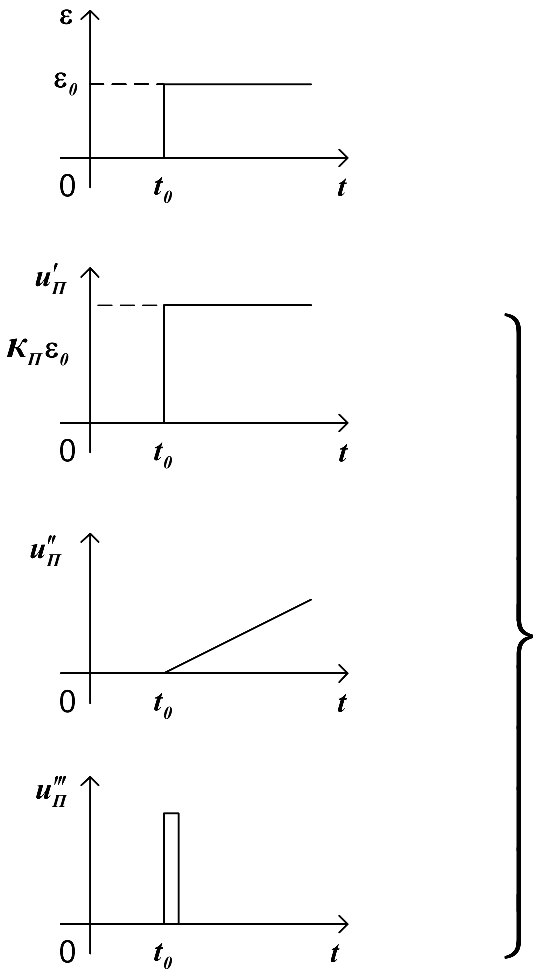
$$\textbf{П}: \quad u'_П(t)=\kappa_П\,\varepsilon(t); \qquad \textbf{И}: \quad u''_П(t)=\kappa_И\int_{t_0}^{t}\varepsilon(t)\,dt; \qquad \textbf{Д}: \quad u'''_П(t)=\kappa_Д\,\frac{d\varepsilon(t)}{dt}.$$

В целом ПЭ описывается уравнением следующего вида:

$$u_П(t) = к_П\,\varepsilon(t) + к_И \int_{t_0}^{t} \varepsilon(t)\,dt + к_Д\,\frac{d\varepsilon(t)}{dt},$$

где $к_П$, $к_И$ и $к_Д$ – соответствующие коэффициенты преобразования.

Функциональная особенности ПИД ПЭ рассмотрим по реакции на ступенчатое воздействие



П $: к_П \neq 0,\ к_И = 0,\ к_Д = 0;$

И $: к_П = 0,\ к_И \neq 0,\ к_Д = 0;$

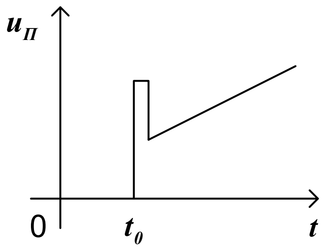
Д $: к_П = 0,\ к_И = 0,\ к_Д \neq 0;$

ПИ $: к_П \neq 0,\ к_И \neq 0,\ к_Д = 0;$

ПД $: к_П \neq 0,\ к_И = 0,\ к_Д \neq 0;$

ИД $: к_П = 0,\ к_И \neq 0,\ к_Д \neq 0;$

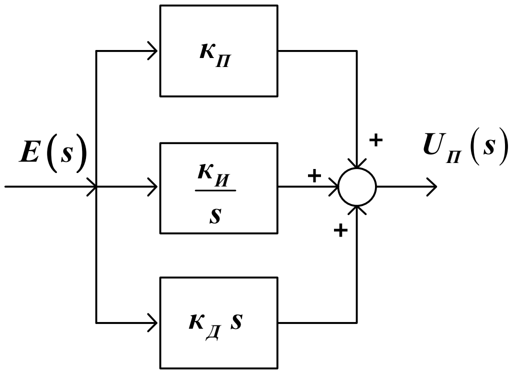
ПИД $: к_П \neq 0,\ к_И \neq 0,\ к_Д \neq 0;$



Применив к обеим частям интегро-дифференциального уравнения ПИД ПЭ преобразование Лапласа, получим

$$U_П(s) = к_П\,E(s) + \frac{к_И}{s}\,E(s) + к_Д\,s\,E(s).$$

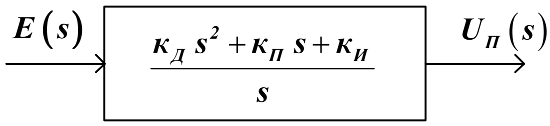
Детальная структурная схема будет иметь такой вид



Тогда передаточная функция ПИД ПЭ будет такого вида

$$W_П(s)=\frac{U_П(s)}{E(s)}=\kappa_П+\frac{\kappa_И}{s}+\kappa_Д\, s=\frac{\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И}{s}.$$

Теперь ПЭ можно представить таким элементом структурной схемы САС



Таким образом, ПИД ПЭ вносит в передаточную функцию разомкнутой системы один полюс расположенный в начале координат комплексной плоскости корней, и два нуля, которые можно разместить в любом месте в левой полуплоскости.

Определим основную передаточную функцию лабораторной замкнутой САП.

$$U_R(s)\equiv 0;\;\; W(s)=\frac{U_П(s)}{U_З(s)}=W_П(s)W_У(s)W_U(s)W_P(s);$$

$$\Phi(s)=\frac{U_П(s)}{U_З(s)}=\frac{W(s)}{1+W_К(s)W(s)};\quad W_К(s)=\frac{U_П(s)}{U_К(s)}\equiv 1;$$

$$\Phi(s)=\frac{U_П(s)}{U_З(s)}=\frac{W(s)}{1+W(s)};$$

$$W_П(s)=\frac{U_П(s)}{E(s)}=\frac{\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И}{s};\quad W_У(s)=\frac{U_У(s)}{U'(s)}=\kappa_У;$$

$$W_U(s)=\frac{\Omega(s)}{U_У(s)}=\frac{\kappa_U}{T_{ЭМ}s+1};\;\; W_P(s)=\frac{U_П(s)}{\Omega(s)}=\frac{\kappa_P}{s};$$

$$W(s)=\frac{U_П(s)}{U_З(s)}=\frac{\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И}{s}\cdot\kappa_У\cdot\frac{\kappa_U}{T_{ЭМ}s+1}\cdot\frac{\kappa_P}{s}=\frac{\left(\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И\right)\kappa_У\kappa_U\kappa_P}{\left(T_{ЭМ}s+1\right)s^2}=$$

$$=\left|\kappa_У\kappa_U\kappa_P=\kappa_0\right|=\frac{\left(\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И\right)\kappa_0}{\left(T_{ЭМ}s+1\right)s^2};$$

$$\Phi(s)=\frac{U_П(s)}{U_З(s)}=\frac{\left(\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И\right)\kappa_0}{T_{ЭМ}s^3+s^2+\left(\kappa_Д\, s^2+\kappa_П\, s+\kappa_И\right)\kappa_0}=\frac{\kappa_Д\,\kappa_0 s^2+\kappa_П\kappa_0\, s+\kappa_И\kappa_0}{T_{ЭМ}s^3+\left(1+\kappa_Д\kappa_0\right)s^2+\kappa_П\kappa_0 s+\kappa_И\kappa_0}.$$

Воспользовавшись теоремой о конечном значении, определим установившееся значение выходного сигнала в реакции на ступенчатое управляющее воздействие $u_{\text{З}}(t)=A\cdot 1(t)$:

$$u_{\text{П}}(\infty)=\lim_{s\to 0} s\Phi(s)\frac{A}{s}=A.$$

Характеристическое уравнение основной передаточной функции будет таким:

$$T_{\text{ЭМ}}s^3+(1+\text{к}_{\text{Д}}\text{к}_0)s^2+\text{к}_{\text{П}}\text{к}_0 s+\text{к}_{\text{И}}\text{к}_0=0.$$

Выбирая желаемое расположение корней, с помощью метода корневого годографа можно определить численные значения $\text{к}_{\text{П}}, \text{к}_{\text{И}}, \text{к}_{\text{Д}}$.

ПОЖАЛУЙСТА! Сформируйте для Вашего стендового объекта автоматического позиционирования ПИД ПЭ. Определите численные значения $\text{к}_{\text{П}}, \text{к}_{\text{И}}, \text{к}_{\text{Д}}$ из условия обеспечения устойчивости замкнутой системы. Постройте переходный процесс, доказывающий устойчивость системы.

Кто хочет много знать, тому надо мало спать