

# ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

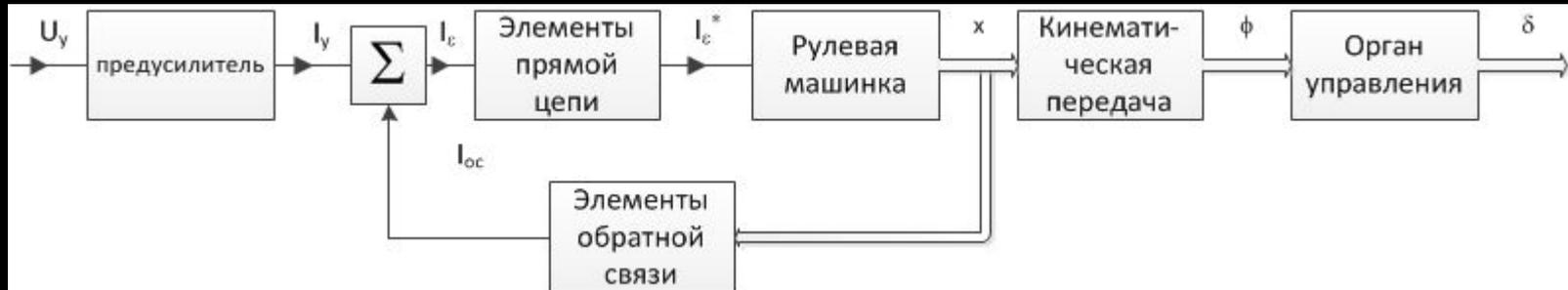
---

Раздел 2 Элементная база систем стабилизации

2.3 Исполнительные устройства

2.3.3 Рулевой привод

# СОСТАВ РУЛЕВОГО ПРИВОДА ЛА



Рулевой привод – силовая прецизионная следящая система, в которой объектом управления является рулевая машинка.

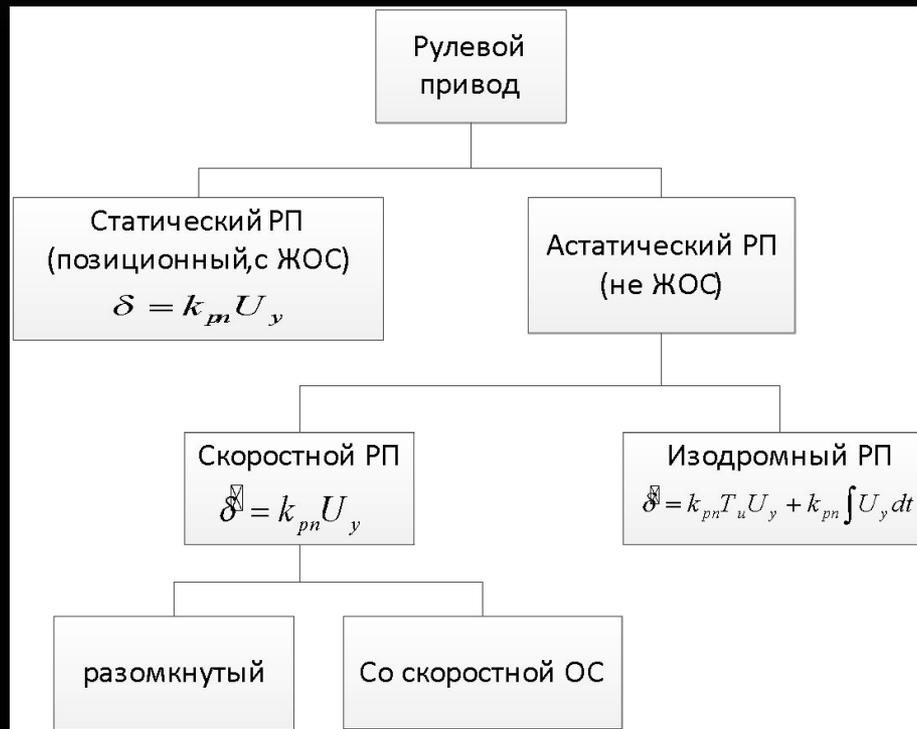
# ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РП

- Широкий диапазон изменения скорости независимо от нагрузки (добротность)
- Согласование с характеристиками других элементов ССт ( $\omega_{рп} = (3-10)\omega_{ла}$ )
- Постоянство характеристик в течении всего срока службы
- Работа при перегрузках, вибрациях, высоких и низких температурах и т.д.
- Минимальная зона нечувствительности и минимальная входная мощность
- Максимальный КПД, минимальная удельная масса на единицу мощности
- Простота конструкции, экономичность, надежность
- Минимальное запаздывание и постоянная времени
- Перерегулирование не выше допустимого

# КЛАССИФИКАЦИЯ РП ЛА ПО ТИПУ РМ



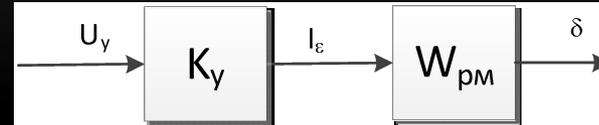
# КЛАССИФИКАЦИЯ РП ПО ТИПУ ОС



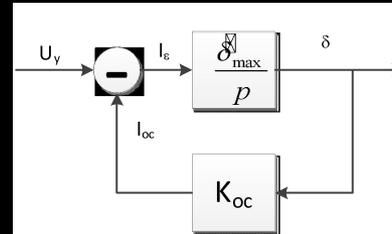
# РАЗОМКНУТЫЙ РП

(А)  $M_{\text{ТОРМ}} \gg M_H$ :  $\Gamma$ :  $\Phi_{\text{рп}} = \frac{k_{\text{рп}}}{p}$  или  $\dot{x} = k_{\text{рп}} U_y$

(ПН:  $\Phi_{\text{рп}} = \frac{k_{\text{рп}}}{p(T_{\text{рп}}p+1)}$ )



(Б)  $M_{\text{ТОРМ}} > M_H$ :  $\Phi_{\text{рп}} = \frac{\delta}{\bar{y}} = \frac{k_y W_{\bar{y}}^{\delta 1}(s)}{1 - W_{\alpha}^{\delta 2}(s) W_{\delta}^{\alpha}(s)}$



или упрощенно  $\Phi_{\text{рп}} = \frac{k_{\text{рп}}}{T_{\text{рп}}p + 1}$

$$k_{\text{oc}} = \frac{M_{\text{ш}}^{\delta}}{M_{\text{ТОРМ}}} \left( 1 + \frac{m_{\text{ш}}^{\alpha}}{m_{\text{ш}}^{\delta}} k_{\alpha} \right), k_{\text{рп}} = \frac{M_{\text{ТОРМ}}}{M_{\text{ш}}^{\delta} \left( 1 + \frac{m_{\text{ш}}^{\alpha}}{m_{\text{ш}}^{\delta}} k_{\alpha} \right)} \approx \frac{1}{q} \quad (M_{\text{ш}}^{\delta} = m_{\text{ш}}^{\delta} q S_p b_{ap}),$$

Совместно с ЛА:  $W_{\delta}^j \Phi_{\text{рп}}: \frac{KV}{g} * k_{\text{рп}} \approx \frac{1}{V}$

# СКОРОСТНОЙ РП

$$W_{oc} = k_{oc}p$$

$$(A) M_{торм} \gg M_H: \Gamma.: \Phi_{рп} = \frac{k_{рп}}{p} \text{ или } \dot{x} = k_{рп} U_y$$

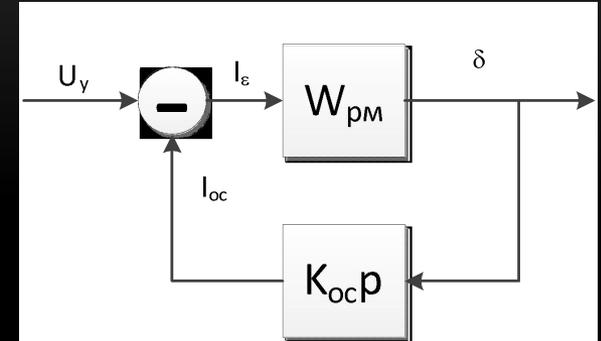
$$k_{рп} = \frac{k_{рм}}{1 + k_{рм}k_{oc}}$$

$$\text{Пн: } \Phi_{рп} = \frac{k_{рп}}{p(T_{рп} p + 1)} ;$$

$$k_{рп} = \frac{k_{рм}}{1 + k_{рм}k_{oc}} \sim \frac{1}{k_{oc}} ; T_{рп} = \frac{T_{рм}}{1 + k_{рм}k_{oc}} < T_{рм}$$

$$(B) M_{торм} > M_H: \Phi_{рп} = \frac{k_{рп}}{T_{рп} p + 1} ;$$

$$k_{рп} = \frac{k_{рм}}{1 + k_{рм}k_{oc}} \sim \frac{1}{k_{oc}} ; T_{рп} = \frac{T_{рм}}{1 + k_{рм}k_{oc}} < T_{рм}$$



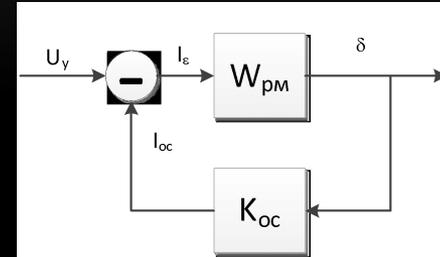
# ПОЗИЦИОННЫЙ РП

$$(A) M_{\text{торм}} \gg M_{\text{н}}: \Gamma.: \Phi_{\text{рп}} = \frac{\delta}{U_y} = \frac{k_{\text{рп}}}{T_{\text{рп}} p + 1} \text{ или } x = k_{\text{рп}} U_y$$

$$k_{\text{рп}} = \frac{k_{\text{рм}}}{1 + k_{\text{рм}} k_{\text{ос}}} \sim \frac{1}{k_{\text{ос}}}; T_{\text{рп}} = \frac{T_{\text{рм}}}{1 + k_{\text{рм}} k_{\text{ос}}} < T_{\text{рм}}$$

$$\text{Пн, Э: } \Phi_{\text{рп}} = \frac{k_{\text{рп}}}{T_{\text{рп}}^2 p^2 + 2\xi_{\text{рп}} T_{\text{рп}} p + 1};$$

$$k_{\text{рп}} = \frac{1}{k_{\text{ос}}}; T_{\text{рп}} = \sqrt{\frac{T_{\text{рм}}}{k_{\text{рм}} k_{\text{ос}}}}; \xi_{\text{рп}} = \frac{1}{2\sqrt{T_{\text{рм}} k_{\text{рм}} k_{\text{ос}}}}$$



# ИЗОДРОМНЫЙ РП

$$\dot{W}_{oc} = \frac{k_{oc}p}{T_{и}p + 1}$$

$$(A) M_{торм} \gg M_{н}: \therefore \Phi_{рп} = \frac{k_{рп}(T_{и}p+1)}{p} = k_{рп}T_{и} + \frac{k_{рп}}{p}, \quad k_{рп} = \frac{k_{рм}}{1+k_{рм}k_{oc}};$$

при  $p \rightarrow 0$ :  $\Phi_{рп} = k_{рп}T_{и}$  - статический РП

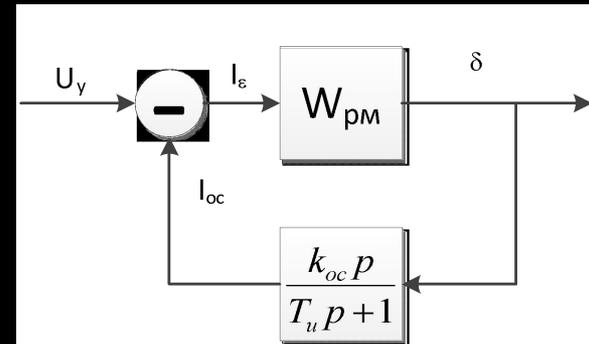
при  $p \rightarrow \infty$ :  $\Phi_{рп} = \frac{k_{рп}}{p}$  - астатический РП

$$\underline{\text{ПН,Э}}: \Phi_{рп} = \frac{k_{рп}(T_{и}p+1)}{p(T_{рп}p+1)} \text{ или } \dot{x} \sim k_{рп}U_y$$

$$k_{рп} = \frac{k_{рм}}{1+k_{рм}k_{oc}}; \quad T_{рп} = \frac{T_{рм}}{1+k_{рм}k_{oc}}$$

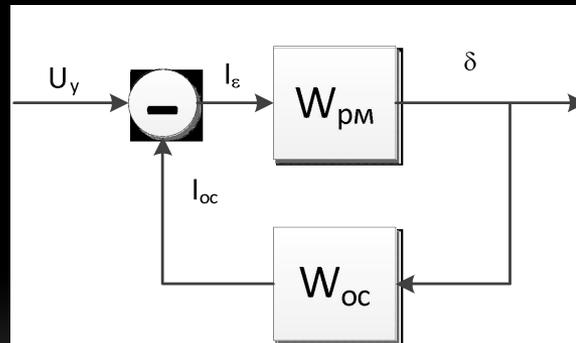
$$(B) M_{торм} > M_{н}: \Phi_{рп} = \frac{k_{рп}(T_{и}p+1)}{a_2p^2+a_1p+1}; \text{ или } x \sim k_{рп}U_y$$

$$a_2 = T_{рм}T_{и}, \quad a_1 = (T_{рм} + T_{и}) + k_{рм}k_{oc}$$



# РЕАЛИЗАЦИЯ РП

Вид РП		Вид обратной связи	Техническая реализация ОС
Статический (позиционный)		Жёсткая, $W_{oc} = k_{oc}$	Потенциометр
Астатический	Скоростной	разомкнутый	РМ без ОС
		Со скоростной ОС	Скоростная, $W_{oc} = k_{oc} p$
	Изодромный		В конструкции РМ, потенциометр, изодромное КУ (RC)



# РАСЧЕТ РП

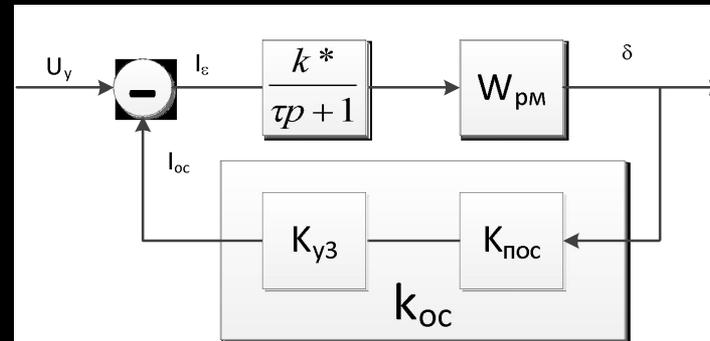


$$W_{\Sigma} = \frac{k^*}{\tau p + 1}, \tau = 0.02 - 0.005c;$$

$$W_{\text{рм}} = \frac{\delta}{\phi} = \frac{k_{\text{рм}}}{T_{\text{рм}} p + 1},$$

$k_{\text{рм}}, T_{\text{рм}}$  – см. предыдущий раздел ,

$k_{y1}, k_{y2}, k_{y3}$  - ?



# РАСЧЕТ РУЛЕВОГО ПРИВОДА

- $$\Phi_{рп} = \frac{k_{рп}}{T_{рп}^2 p^2 + 2\xi_{рп} T_{рп} p + 1}$$
$$k_{рп} = \frac{k_{рм} k^*}{1 + k_{рм} k_{ос} k^*}; T_{рп} = \sqrt{\frac{T_{рм} \tau}{1 + k_{рм} k_{ос} k^*}}; \xi_{рп} = \frac{T_{рм} + \tau}{2\sqrt{T_{рм} \tau (1 + k_{рм} k_{ос} k^*)}};$$

$$k^* = k_{y2} k_{эмп}; k_{ос} = k_{y3} k_{пос}$$

$k_{рп}, T_{рп}, \xi_{рп}$  – см. ДЗ, МСК ( $\xi_{рп} \sim 0,6 - 0,7$ )

Вариант расчета:  $k_{y2} k_{y3} = \frac{(T_{рм} + \tau)^2 - 4\xi_{рп}^2 T_{рм} \tau}{4\xi_{рп}^2 T_{рм} \tau k_{рм} k_{пос} k_{эмп}}$

Или:  $i_{осmax} < i_{ymax}; i_{ос} = k_{ос} \delta_{max} = k_{пос} k_{y2} \delta_{max}$

$$k_{y2} = \frac{i_{осmax}}{k_{пос} \delta_{max}}$$

$$k^* = \frac{T_{рм} \tau - T_{рп}^2}{T_{рп}^2 k_{рм} k_{ос}}$$