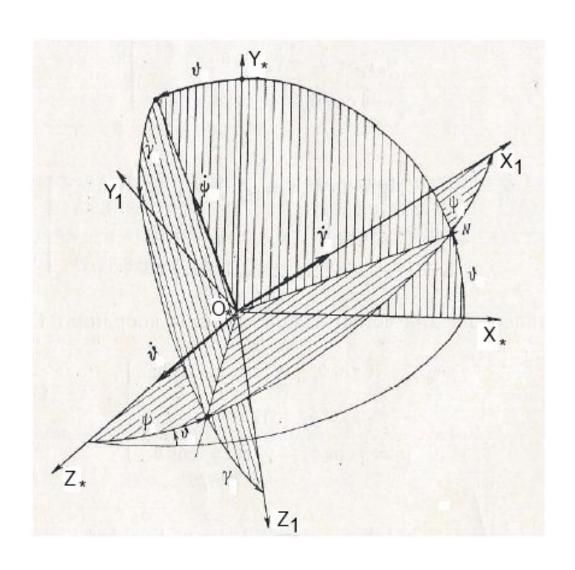
«Стабилизация угловой скорости тангажа летательного аппарата»

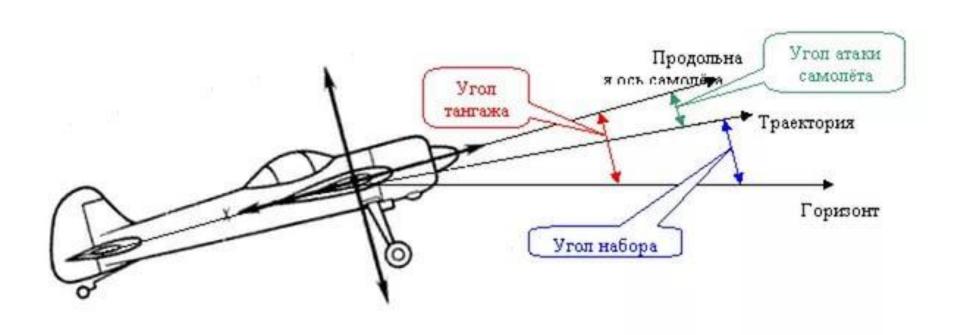
Выполнил студент группы АК4-81 Болотских Алексей

Углы Эйлера



Вращение связанной системы координат $OX_1Y_1Z_1$ относительно сопровождающей системы координат $O_*X_*Y_*Z_*$

Угол тангажа



Системы управления ЛА

Автоматизированны е системы ручного управления

Системы автоматического и полуавтоматическог о управления

Законы отклонения стабилизатора от балансировочного положения:

• При жесткой обратной связи:

$$\delta_{\rm B} = k_{\rm B}^{\theta} \big(\theta - \theta_{\rm 3} \big) + k_{\rm B}^{\omega_z} \, \omega_z \, ;$$

• При скоростной обратной связи:

$$\dot{\delta_{\rm B}} = k_{\rm B}^{\theta} \big(\vartheta - \vartheta_{3} \big) + k_{\rm B}^{\omega_{z}} \omega_{z} + k_{\rm B}^{\dot{\omega}_{z}} \dot{\omega}_{z} \ ;$$

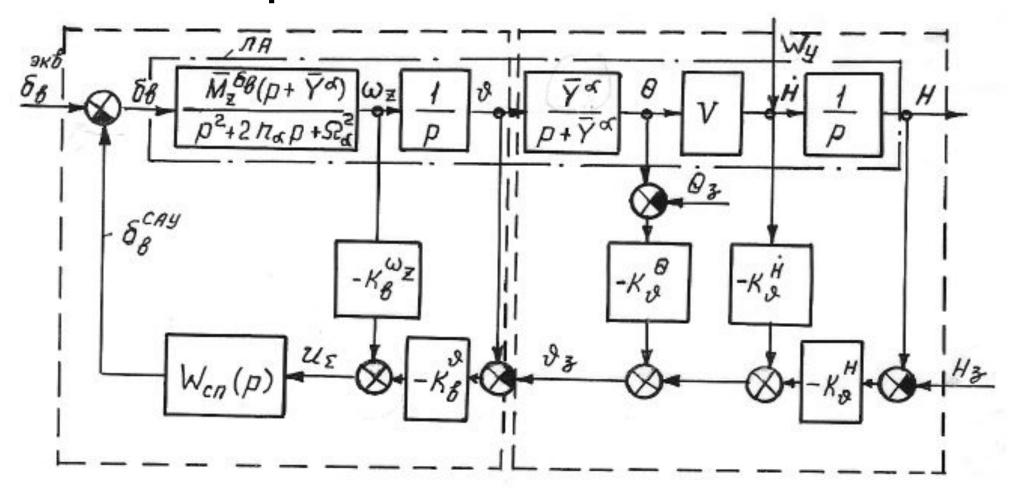
• При изодромной обратной связи:

$$\delta_{\mathrm{B}} = \frac{T_{u} p + 1}{T_{u} p} \left(k_{\mathrm{B}}^{\vartheta} \left(\vartheta - \vartheta_{3} \right) + k_{\mathrm{B}}^{\omega_{z}} \right).$$

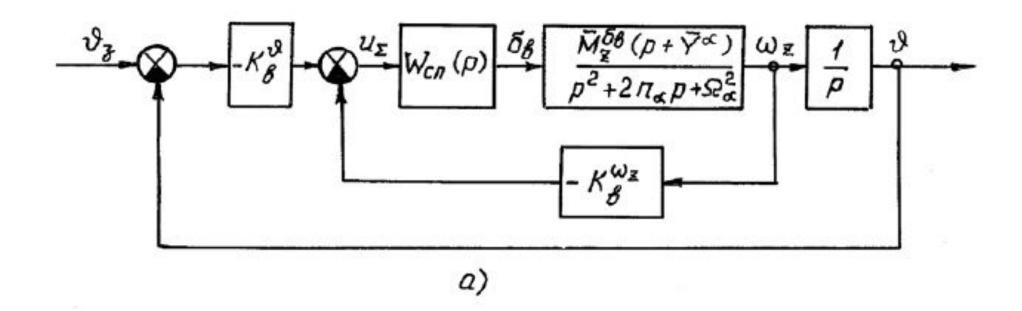
Для управления тангажем необходимы:

- Гировертикаль для выдачи сигнала текущего тангажа
- Датчик угловой скорости тангажа
- Суммирующее устройство
- Сервопривод с соответствующим видом обратной связи
- Устройство формирования заданного тангажа
- Орган управления (руль высоты или стабилизатор)

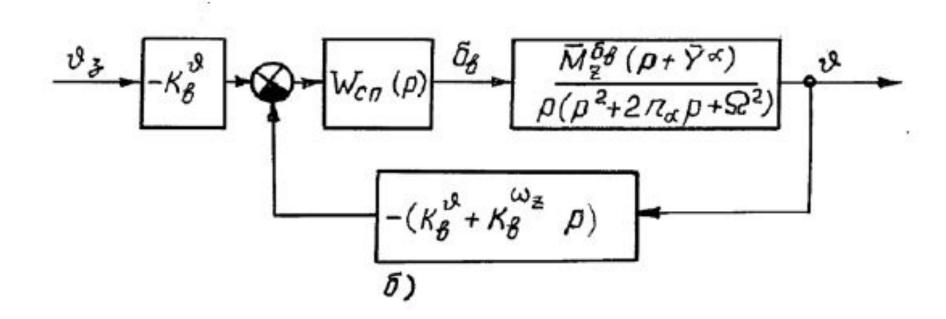
Система «автопилот – самолет» с жесткой обратной связью



Внутренний контур «автопилот – самолет» для управления тангажем



Внутренний контур «автопилот – самолет» для управления тангажем для изолированного продольного движения



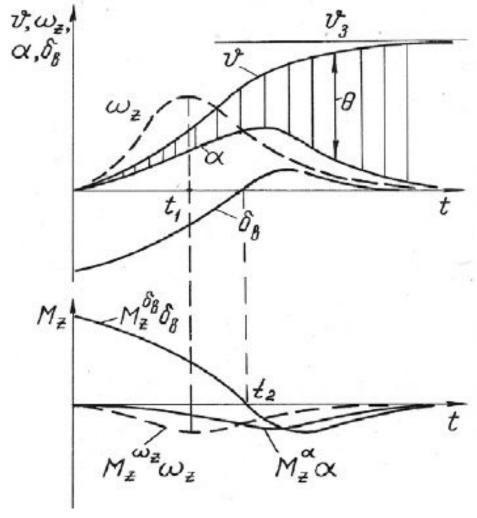
Дифференциальные уравнения для короткопериодического продольного движения при отсутствии внешних воздействий

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = p\alpha = \omega_{z} - \overline{Y}^{\alpha}\alpha + \overline{F}_{y_{\mathrm{B}}}, \\ \dot{\omega}_{z} = p^{2}\theta = \overline{M}_{z}^{\omega_{z}} + \overline{M}_{z}^{\alpha}\alpha + \overline{M}_{z}^{\dot{\alpha}}p\alpha + \overline{M}_{z}^{\delta_{\mathrm{B}}}\delta_{\mathrm{B}} + \overline{M}_{z_{\mathrm{B}}}; \\ \dot{\theta} = p\theta = \omega_{z}; \\ \dot{\Theta} = \theta - \alpha + \alpha_{\mathrm{B}} \end{cases}$$

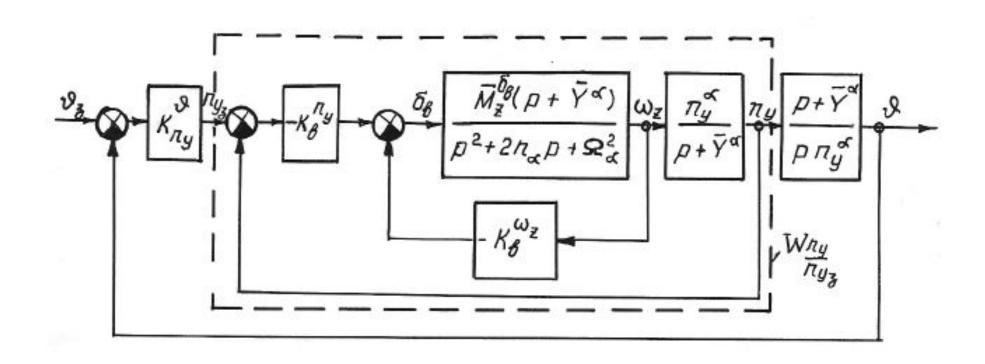
Искомая передаточная функция:

$$\Phi_{\frac{9}{93}}(p) = -\frac{k_{\mathrm{B}}^{9}\overline{M}_{z}^{\delta_{\mathrm{B}}}(p+\overline{Y}^{\alpha})}{p^{3}+a_{2}p^{2}+a_{1}p+a_{0}},$$

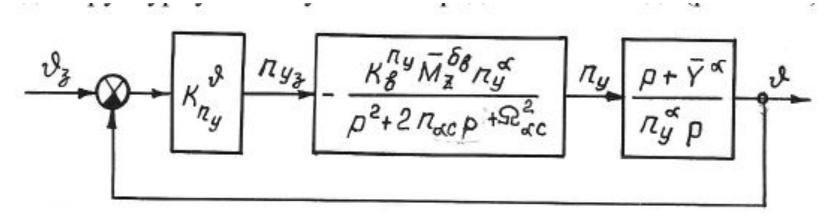
Процесс перехода от одного тангажа к другому



Система управления тангажем через контур перегрузки



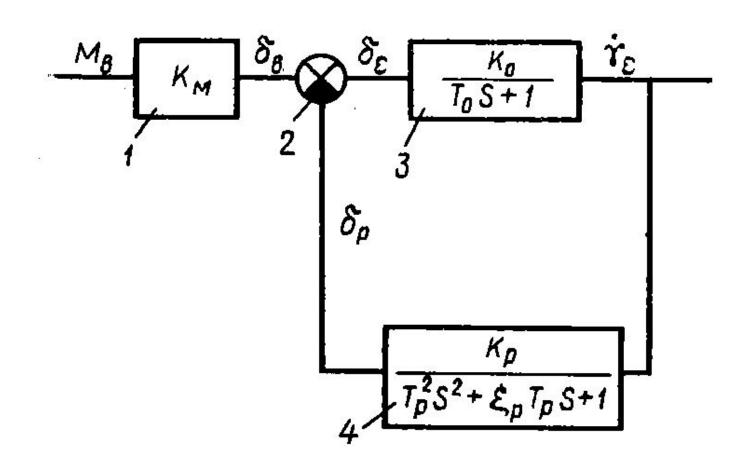
Система управления тангажем через контур перегрузки без автоматов статической управляемости



Передаточная функция управления тангажем

$$\Phi_{\frac{g}{g_3}}(p) = -\frac{k_{n_y}^g k_{\rm B}^{n_y} \overline{M}_z^{\delta_B} (p + \overline{Y}^\alpha)}{p^3 + A_2 p^2 + A_1 p + A_0},$$

Структурная схема канала стабилизации по угловой скорости



Передаточные функции

$$W_{\rm p}(S) = -K_{\rm o}/(T_{\rm o}S + 1);$$

 $W_{\rm p}(S) = K_{\rm p}/(T_{\rm p}^2 S^2 + 2\xi_{\rm p} T_{\rm p} S + 1),$

ИЛИ

$$W_{\rm p}(S) = \delta_{\rm p}(S)/[S\gamma(S)] = d_1/(S^2 + d_3S + d_2).$$