

1. Динамика ДУС

Стр. 125 (124)

Определим динамические погрешности ДУС,

Определим динамические погрешности ДУС, анализируя уравнение $A_0\ddot{\beta} + D\dot{\beta} + K\beta = H\Omega_\zeta$, которое приведем к стандартному виду:

$$\ddot{\beta} + 2\xi\omega_0\dot{\beta} + \omega_0^2\beta = \frac{H}{A_0}\Omega_\zeta, \quad (83)$$

где $\omega_0 = \sqrt{K/A_0}$ — собственная частота незатухающих колебаний; $\xi = \frac{D}{2A_0\omega_0}$ — относительная степень затухания.

Пусть $\Omega_\zeta = \Omega_{\zeta a} \sin \omega t$, где $\Omega_{\zeta a}$, ω — амплитуда и частота изменения угловой скорости соответственно. Решение уравнения (83) имеет вид

$$\beta = \lambda \frac{H}{K} \sin(\omega t - \varphi),$$

где $\lambda = \frac{1}{\sqrt{(1 - \omega^2/\omega_0^2)^2 - 4\xi^2\omega^2/\omega_0^2}}$ — коэффициент динамичности;

$\varphi = \arctg \frac{2\xi\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$ — сдвиг по фазе.

Динамическая погрешность $\Delta_{\text{дин}} = \lambda - 1$ и сдвиг по фазе малы (рис. 69), если выполняется условие $\omega_0 \approx (8 \dots 10)\omega_{\text{мах}}$, где $\omega_{\text{мах}}$ — максимальная частота изменения измеряемой угловой скорости объекта.

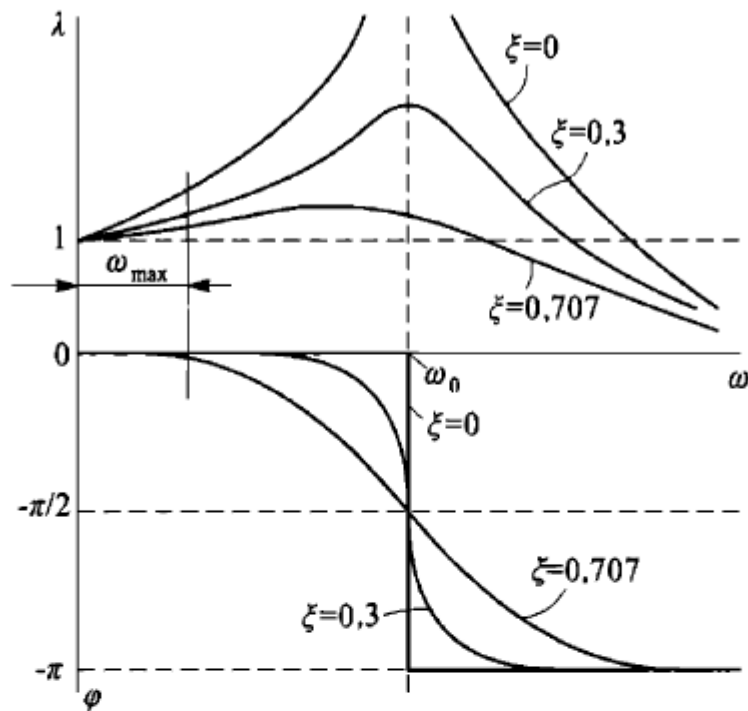


Рис. 69. Амплитудно-фазовые характеристики

Переходный процесс ДУС (при единичном возмущении) является колебательным при $\xi < 0,707$, оптимальным — при $\xi = 0,707$, апериодическим — при $\xi > 0,707$ (рис. 70).

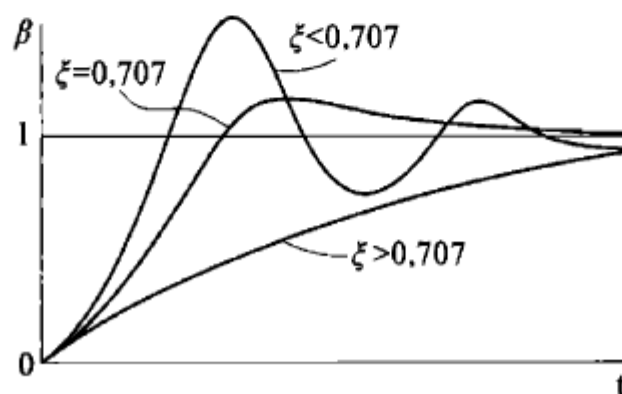


Рис. 70. График переходного процесса ДУС

2. постоянная времени интегрирующего гироскопа Г (с учетом нежесткости)

Стр 114 (113)

Запишем уравнение движения ПИГ (см. рис. 63), пренебрегая центробежным инерционным моментом:

$$A_0(\ddot{\beta} + \dot{\Omega}_\xi) + D\dot{\beta} - H(\Omega_\zeta \cos \beta - \Omega_\eta \sin \beta) + M_x = 0, \quad (73)$$

где $A_0 = A + A_1$ — приведенный момент инерции поплавок с гироскопом (A_1 — момент инерции поплавок относительно оси Ox); M_x — внешний момент.

После преобразований уравнения (73) получим

$$A_0\ddot{\beta} + D\dot{\beta} = H\Omega_\zeta \cos \beta - H\Omega_\eta \sin \beta - A_0\dot{\Omega}_\xi - M_x. \quad (74)$$

Методические погрешности, связанные с наличием Ω_η и $\dot{\Omega}_\xi$, малы. Погрешность, вызванная с действием возмущающих моментов, определяется из очевидного соотношения $H\Omega_{\zeta\min} > M_x^{\text{вп}}$. Эту погрешность определяют как собственную скорость прецессии ИГ:

$$\omega_{\text{ССП}} = \frac{M_x^{\text{вп}}}{H}.$$

Модель погрешности ИГ от перегрузки n записывается в соответствии с методикой, изложенной выше (см. выражение (41)):

$$\omega_{\text{ССП}}(n) = \omega_0 + \omega_1(g)n + \omega_2(g^2)n^2 + \dots$$

При более точных расчетах $\omega_{\text{ССП}}(n)$ модель может быть расширена до 12 составляющих и более [2].

Найдем передаточную функцию $W(s)$ ИГ [2], характеризующую отношения выходной величины β к выходной величине

не Ω_ζ . Введем (в соответствии с оператором s) обозначения $\dot{\beta} = \beta(s)s$, $\ddot{\beta} = \beta(s)s^2$; при этом $H = \text{const}$, $A_0 = \text{const}$; $D = \text{const}$; $\Omega_\zeta(s)$:

$$\beta(s)(A_0s^2 + Ds) = H\Omega_\zeta(s);$$

$$\beta(s)s(Ts + 1) = i\Omega_\zeta(s);$$

$$W(s) = \frac{\beta(s)}{\Omega_\zeta(s)} = \frac{i}{s(Ts + 1)},$$

где $T = \frac{A_0}{D}$ — постоянная времени ИГ (обычно $T \leq 10^{-3}$ с).

Зная $W(s)$, определяют динамические погрешности ИГ [2].

При $T = 0$ гироскоп — идеальное интегрирующее звено:

$$W(s) = \frac{i}{s}.$$

Нежесткость конструкции крепления ротора приводит к дополнительной степени свободы по углу α и увеличению приведенного момента инерции и, следовательно, T . На рис. 64 нежесткость конструкции крепления ротора и гиروزла услов-

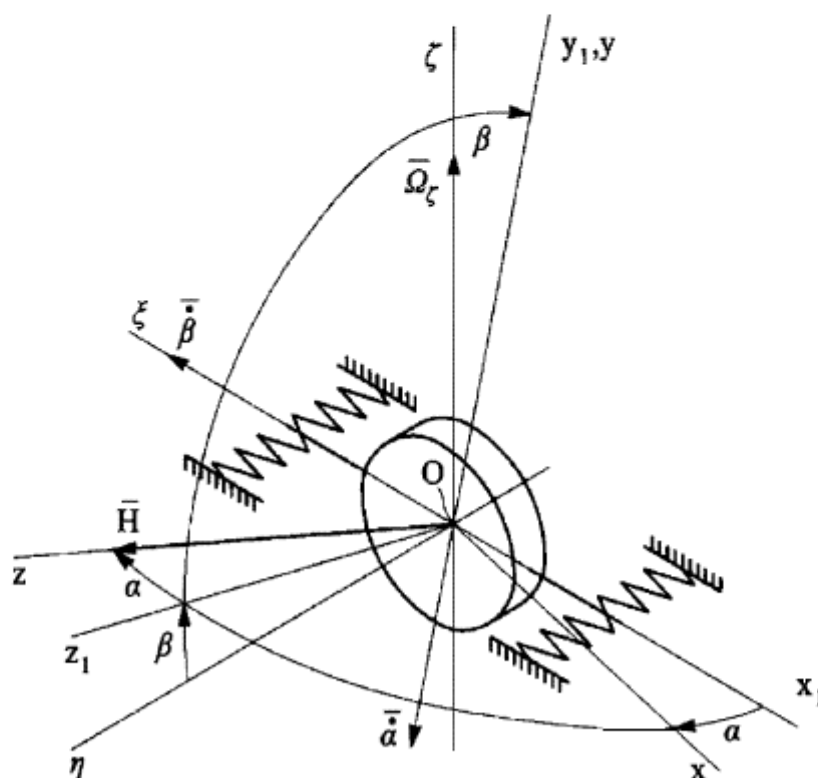


Рис. 64. К выводу уравнений движения ИГ с учетом нежесткости конструкции

но иллюстрируется упругой связью (в виде пружин) с приведенной угловой жесткостью K_α . Гироскопический момент $H\dot{\beta}$, действующий на упругую связь (опору), вызывает отклонения по углу α и уравновешивается упругим моментом $K_\alpha\alpha$:

$$H\dot{\beta} = K_\alpha\alpha. \quad (75)$$

Уравнения движения ИГ запишем в соответствии с (74) при $M_x = 0$, $\dot{\Omega}_\xi = 0$, $\Omega_\eta = 0$, $\beta = 0$ и с учетом угловой скорости $\dot{\alpha}$ (см. рис. 64):

$$A_0\ddot{\beta} + D\dot{\beta} = H(\Omega_\zeta - \dot{\alpha}). \quad (76)$$

Определив из равенства (75) $\dot{\alpha} = \frac{H}{K_\alpha}\dot{\beta}$, получим

$$\left(A_0 + \frac{H^2}{K_\alpha}\right)\ddot{\beta} + D\dot{\beta} = H\Omega_\zeta.$$

Постоянная времени $T' = \frac{A_0K_\alpha + H^2}{K_\alpha D} > T = \frac{A_0}{D}$, возрастает, следовательно, нежесткость конструкции ведет к увеличению динамических погрешностей ИГ.

Определим нагрузку F на опоры. Гироскопический момент $H\dot{\beta}$ уравновешивается моментом реакции опор $FL = H\dot{\beta}$. Отсюда $F_{\max} = \frac{H}{L}\dot{\beta} = \frac{Hi}{L}\Omega_{\xi\max}$, где L — расстояние между опорами.

Видно, что с увеличением передаточного отношения i повышается нагрузка на опоры, поэтому для ПИГ $i \leq 8 \dots 10$, для ИГ космических ЛА (КЛА) $i \leq 50 \dots 100$.

Отметим, что расчет погрешности ИГ имеет различия в зависимости от применения ИГ в «свободном» (рис. 65, а) и «замкнутом» (рис. 65, б) режимах работы системы.

Запишем уравнение движения ИГ (74) для свободного (разомкнутого) режима в виде

$$D\dot{\beta} = H\Omega_\zeta - M_x. \quad (77)$$

Например, при действии на КЛА (см. рис. 65, а) возмущающего момента M_ζ $\dot{\beta} = \frac{M_\zeta}{H}$.

Определим погрешность $\Delta\psi$ стабилизации КЛА по углу $\psi = \Omega_\zeta t$:

$$\Delta\psi = \omega_{\text{ссп}} t + \frac{M_\zeta}{iH} t. \quad (78)$$