

1. ДУС с электропружиной

Еще в лекциях 6-10 IMG_9507

Стр. 121 (120)

Суммарная погрешность ДУС с механической пружиной существенна ($\approx 16\%$). Поэтому для прецизионных систем применяют ДУС с электропружиной, который иногда называют компенсационным ДУС, или ДУС с отрицательной обратной связью (рис. 68).

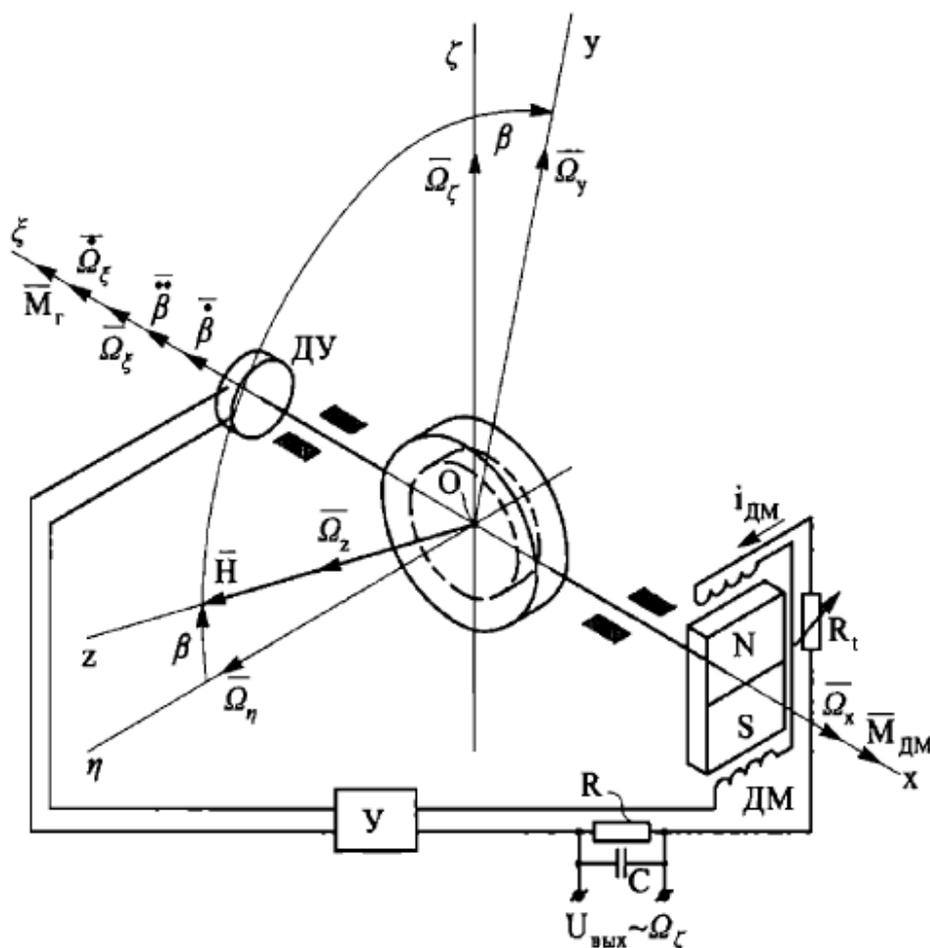


Рис. 68. Схема ДУС с электропружиной

В ДУС с электропружиной упругий момент $K\beta$ формируется автоматической системой, включающей в себя датчик угла ДУ, усилитель У, RC-цепочку, датчик момента ДМ. При появлении угловой скорости Ω_z гироскопический момент $H\Omega_z$ поворачивает гироскопический узел на угол β , фиксируемый ДУ, выходное напряжение которого $U_{ДУ} = K_{ДУ}\beta$ подается на усилитель с коэффици-

ентом усиления K_{yc} . Выходное напряжение усилителя $U_{yc} = K_{yc} K_{дм} \beta$ является причиной возникновения момента

$$M_{дм} = K_{дм} i_{дм} = K_{дм} \frac{U_{yc}}{R_c},$$

где $K_{дм}$ — крутизна характеристики ДМ по току; $i_{дм}$ — ток в обмотках ДМ; $R_c = R + R_{дм} + R_t$ — суммарное сопротивление (R — выходное термостабильное сопротивление; $R_{дм}$ — сопротивление обмоток ДМ; R_t — переменное сопротивление в цепи ДМ, которое обеспечивает условие $R_{дм}(t_{окр}) + R_t(t_{окр}) = \text{const}$ при изменении температуры окружающей среды $t_{окр}$).

Угол β увеличивается до тех пор, пока гироскопический момент M_g не уравнивается моментом $M_{дм}$ (установившийся режим работы ДУС):

$$K_{дм} i_{дм} = H \Omega_z \cos \beta,$$

т. е. по току $i_{дм}$ можно судить о величине и направлении $\bar{\Omega}_z$ объекта:

$$i_{дм} \approx \frac{H}{K_{дм}} \Omega_z.$$

Выходную информацию ДУС снимают с термостабильного сопротивления R :

$$U_{вых} = R i_{дм} = \frac{HR}{K_{дм}} \Omega_z = h \Omega_z,$$

где $h = \frac{HR}{K_{дм}}$ — чувствительность ДУС с электропружиной.

Относительная нестабильность чувствительности

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta K_{дм}}{K_{дм}}.$$

Выберем нестабильность сопротивления $10^{-4} \%$, для синхронного гистерезисного двигателя с частотным управлением $\frac{\Delta H}{H} \cdot 100 \approx 10^{-4} \%$, при принятии соответствующих инженерных решений $\frac{\Delta K_{дм}}{K_{дм}} \cdot 100 \approx 10^{-4} \%$, т. е. суммарная нестабильность равна $3 \cdot 10^{-4} \%$. Таким образом, с помощью схемы ДУС

с электропружиной можно создать прецизионный прибор (ср. со схемой ДУС с механической пружиной).

ДУС с цифровым выходом информации строятся, как правило, на базе ДУС с электропружиной. При этом обратная связь может быть цифровой и аналоговой (см. рис. 68); в последнем случае вводят аналогово-цифровое преобразование сигнала.

Определим приведенную угловую жесткость электропружины. Момент ДМ

$$M_{\text{ДМ}} = \frac{K_{\text{ДМ}} U_{\text{ус}}}{R_c} = \frac{K_{\text{ДУ}} K_{\text{УС}} K_{\text{ДМ}}}{R_c} \beta = K \beta,$$

где $K = \frac{K_{\text{ДУ}} K_{\text{УС}} K_{\text{ДМ}}}{R_c}$ — приведенная угловая жесткость электропружины.

2. Влияние нежесткости конструкции на характеристики интегрирующего гироскопа (как в ДУС)

Стр. 113 (112) Нежесткость конструкции

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

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

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

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

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-

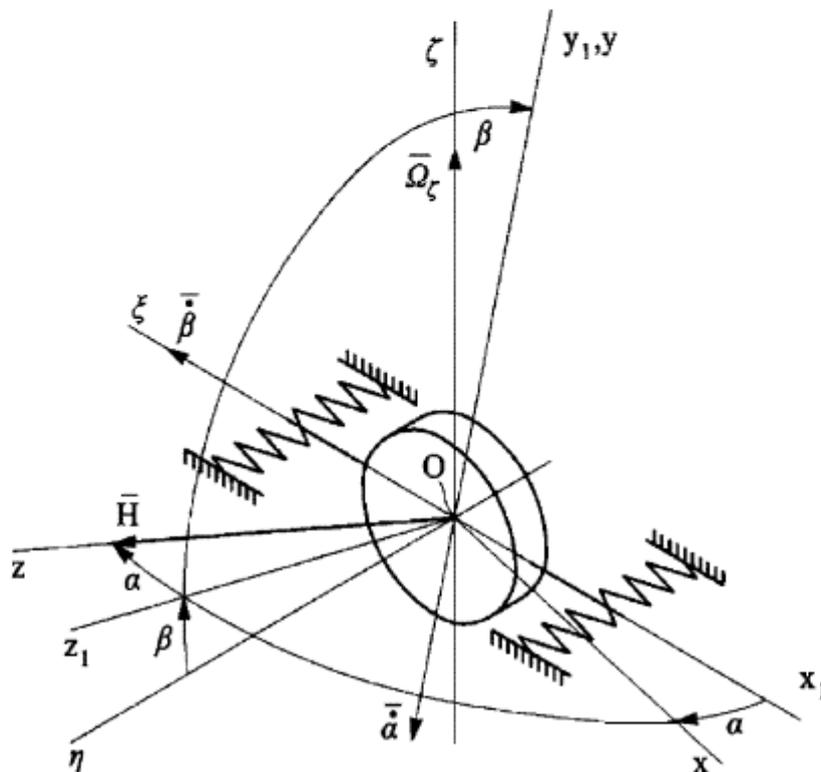


Рис. 64. К выводу уравнений движения ИГ с учетом нежесткости конструкции

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 $\psi = \Omega_\zeta t$:

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