

11. ОПТИЧЕСКИЕ ГИРОСКОПЫ

Волоконно-оптический гироскоп

Оптические гироскопы строятся на базе пассивного кольцевого интерферометра (источник излучения — лазер — находится вне оптического контура) и активного интерферометра (кольцевой лазер с оптическим резонатором).

Рассмотрим принцип действия пассивного интерферометра (рис. 92), представляющего собой замкнутый кольцевой световод, в котором луч от внешнего источника (лазера) 4 разделяется с помощью оптического устройства 3 на два (1 и 2) встречно-направленных луча.

Интерферометр имеет регистрирующее устройство, состоящее из оптического смесителя лучей 1, 2 и фотоприемника 5,

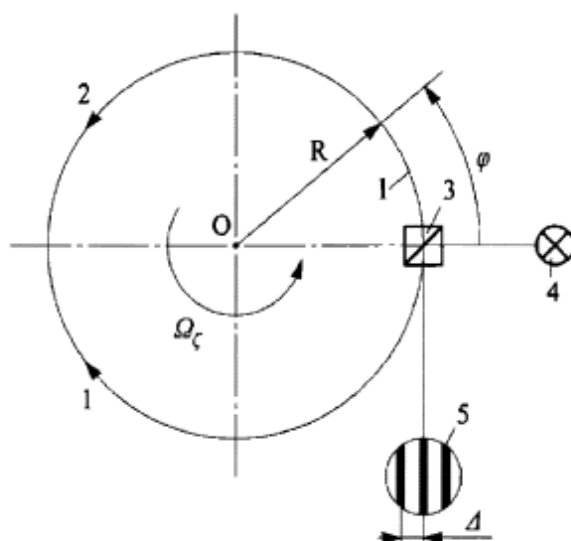


Рис. 92. Схема пассивного интерферометра

Если основание, на котором установлен оптический контур, неподвижно относительно инерциального пространства ($\Omega_\zeta = 0$), то разность хода лучей $\Delta L = L_2 - L_1 = 0$, а $L_2 = L_1 = 2\pi R$

Появление абсолютной угловой скорости $\Omega_\zeta \neq 0$ приводит к тому, что путь луча 2 увеличивается на величину l , а луча 1 — уменьшается на величину l .

Разность хода лучей (за время t_0 обхода лучом контура) $\Delta L = L_2 - L_1 = 2l$ является причиной их фазового сдвига, следовательно, и линейного сдвига интерференционных полос на площадке фотоприемника, величина которого пропорциональна измеряемой угловой скорости

Разность $\Delta L = 2l$ хода лучей соответствует разности времени возвращения лучей в исходную точку:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{\Delta L}{c} = \frac{2l}{c},$$

где $l = \Omega_\zeta t_0 R = \frac{2\pi R^2}{c} \Omega_\zeta = \frac{2S}{c} \Omega_\zeta$; c — скорость света (S — площадь оптического контура).

Фазовый сдвиг интерференционных полос

$$\Delta\varphi = \nu_0 \Delta t = \frac{4S\nu_0}{c^2} \Omega_\zeta = h\Omega_\zeta,$$

где $h = \frac{4S\nu_0}{c^2}$ — чувствительность (масштабный коэффициент) пассивного интерферометра; ν_0 — частота излучения.

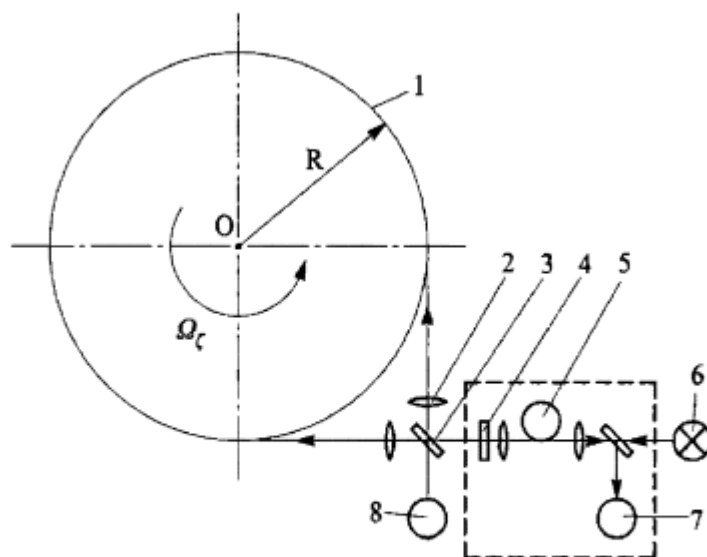


Рис. 93. Принципиальная оптическая схема ВОГ:

1 — кольцо из одномодового волокна; 2 — линза; 3 — оптический разделитель луча; 4 — поляризатор; 5 — пространственный волоконный фильтр моды; 6 — лазер; 7, 8 — фотоприемники

Модель погрешности ВОГ запишем в зависимости от температуры окружающей среды в форме (42):

$$\omega(t \text{ } ^\circ\text{C}) = \omega_0 + K_0 \frac{\Delta t \text{ } ^\circ\text{C}}{t} + K_1 t \text{ } ^\circ\text{C} + \Delta\omega_{\text{сл}},$$

где K_0 , K_1 , $\Delta\omega_{\text{сл}}$, ω_0 — величины, определяемые, как правило, экспериментально; $\Delta t \text{ } ^\circ\text{C}$ — перепад температур за время t .

При больших линейных перегрузках n отмечена зависимость погрешности ВОГ от n (обусловленная деформацией корпуса и элементов прибора).

2. Устойчивость сферического гироскопа

Рассматривается устойчивость на выбеге:

$$B\dot{\Omega}_y j - (C - A)\Omega_x \Omega_z j + D\Omega_x j = 0$$

$$A\dot{\Omega}_x - j^2(C - A)\Omega_y \Omega_z + D\Omega_x = 0$$

После сложения:

$$A\dot{\Omega}_K - j(C - A)\Omega_z \Omega_K + D\Omega_K = 0,$$

где $\frac{d\Omega_K}{dt} = \dot{\Omega}_K$. Домножая на $\frac{dt}{A\Omega_K}$, имеем

$$\frac{d\Omega_K}{\Omega_K} - \frac{dt}{T} + \frac{C - A}{A} j \Omega_z dt = 0, \quad (\clubsuit)$$

где $\Omega_z = \dot{\phi}_0 e^{-\frac{t}{T_z}}$ (из решения уравнения движения ротора на выбеге:

$$C\dot{\Omega}_z - D_z \Omega_z = 0$$

при $\Omega_z(0) = \dot{\phi}_0$).

Интегрируя (\clubsuit):

$$\ln(\Omega_K) = -\frac{t}{T} - j \frac{C - A}{A} T_z \dot{\phi}_0 e^{-\frac{t}{T_z}} + s_1$$

Принимая $\Omega_K(0) = \Omega_{K0}$ и, соответственно,

$$\ln(\Omega_{K0}) = -j \frac{C - A}{A} T_z \dot{\phi}_0 + s_1$$

получаем

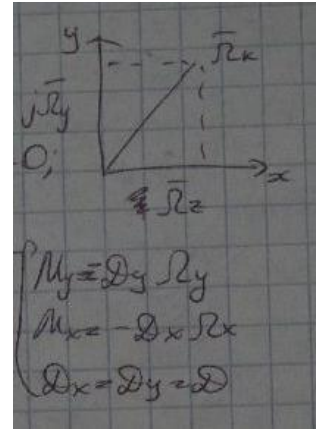
$$s_1 = \ln(\Omega_{K0}) + j \frac{C - A}{A} T_z \dot{\phi}_0$$

Т.е. окончательно

$$\ln(\Omega_K) = \ln(\Omega_{K0}) + j \frac{C - A}{A} T_z \dot{\phi}_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_z}}\right) - \frac{t}{T} = \ln(\Omega_{K0}) + j\varphi_1 - \frac{t}{T}$$

При $t \rightarrow 0$ $\varphi_1 \rightarrow 0$, но при $t \rightarrow \infty$ $\varphi_1 \rightarrow T_z \frac{C - A}{A} \dot{\phi}_0$, т.к.

$$\varphi_1 = T_z \frac{C - A}{A} \dot{\phi}_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_z}}\right)$$



При этом

$$\Omega_k = \Omega_{k0} e^{-\frac{t}{T_z}} + j\varphi_1$$

Можно ввести

$$tg(\chi) = \frac{|\Omega_k|}{|\Omega_z|} \text{ и } tg(\chi_0) = \frac{|\Omega_{k0}|}{|\Omega_{z0}|}$$

Тогда

$$tg(\chi) = tg(\chi_0) e^{-t(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_z})}$$

Если $T_z > T$, конус (см. рис.) стягивается к Oz, и движение устойчиво. Раскрывая это условие, имеем:

$$\frac{C}{D_z} > \frac{A}{D} \Rightarrow CD > AD_z$$

С учётом того, что гироскоп сферический, а у сферы $C = A$, имеем:

$$D > D_z$$

что есть условие устойчивости движения

