

Билет 14

1. Характеристика лазерного ДУС

Построим выходную характеристику ЛДУС и определим чувствительность h (масштабный коэффициент). Разность частот на выходе ЛДУС при $\Omega_\zeta \neq 0$

$$\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{mc}{L_1} - \frac{mc}{L_2} = mc \left(\frac{1}{L - l} - \frac{1}{L + l} \right) = \frac{2lmc}{L^2 - l^2},$$

где $2l = L_2 - L_1 = 4S\Omega_\zeta/c$.

165

При $l \ll L$

$$\Delta f \approx \frac{4Sm}{L^2} \Omega_\zeta = \frac{4S}{L\lambda} \Omega_\zeta = h\Omega_\zeta, \quad (114)$$

где $h = \frac{4S}{L\lambda}$ — чувствительность ДУС.

Для квадратной формы контура со стороной квадрата a чувствительность $h = \frac{a}{\lambda}$.

Поскольку неон имеет минимальный размер волны λ (по сравнению с другими газами), то значение h велико (ср. с ВОГ).

На рис. 95, а показана идеальная выходная ЛДУС — прямые; видно, что съём сигнала, осуществляемый по частоте, не дает возможности определить знак угловой скорости Ω_ζ .

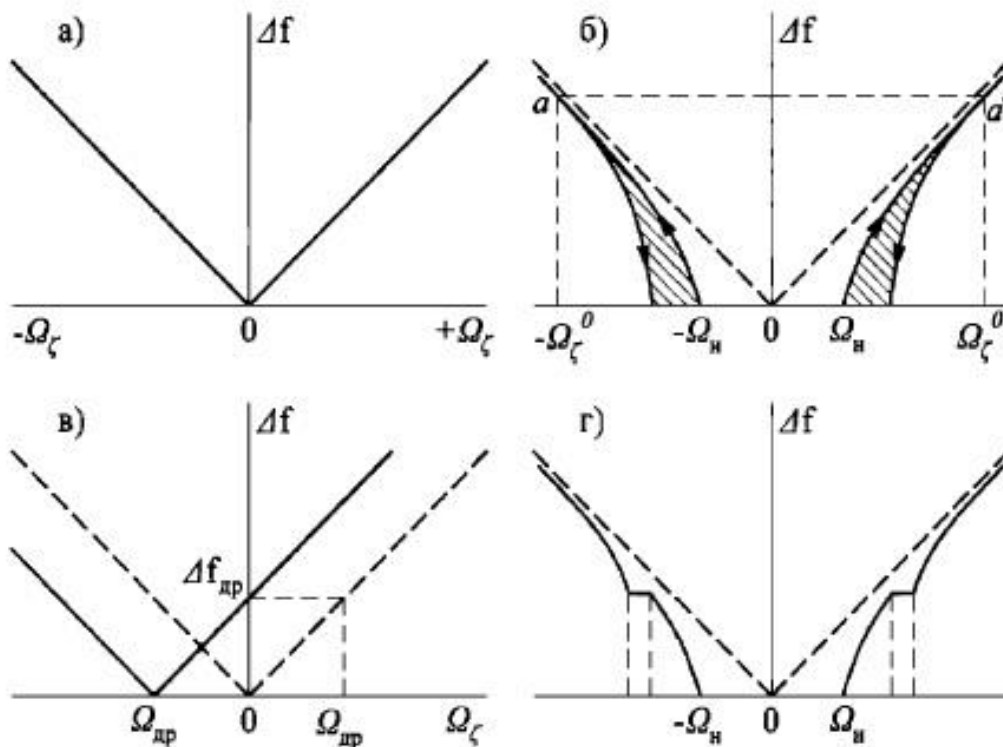


Рис. 95. Выходная характеристика ЛДУС

Для установления знака Ω_ζ используют два фотоприемника, смещенные друг относительно друга так, что возникает сдвиг фаз между сигналами $0,25\varphi = 0,5\pi$. По отставанию или опережению фаз первого и второго фотоприемника либо специальных призм (рис. 96) определяют с помощью логической схемы знак Ω_ζ .

При определении выходной характеристики ЛДУС следует учитывать наличие энергетических связей между лучами, обусловленных обратным рассеиванием на элементах резонатора, оптической неоднородностью активной среды и др. Колебания при малых Ω_z происходят с близкими частотами, поэтому благодаря энергетическим связям встречных волн частоты колебаний сближаются ($f_2 \rightarrow f_1$) и возникает синхронизация, при которой $\Delta f = 0$, несмотря на наличие угловой скорости основания $\Omega_z \leq \Omega_n$; здесь Ω_n определяет зону ($2\Omega_n$) нечувствительности ЛДУС (или зону «захвата»).

На рис. 95, б приведена фактическая выходная характеристика ЛДУС с учетом зоны гистерезиса (заштрихованная область), которая возникает вследствие неоднозначности энергетических связей волн. Гистерезис является причиной неоднозначности характеристики ЛДУС при возрастании и убывании Ω_z .

В целях устранения влияния зон нечувствительности и гистерезиса необходимо выбирать диапазон работы прибора в зоне линейности характеристики (на рис. 95, б в районе «рабочих» точек a и a'). Для этого следует ввести дополнительное устройство, которое обеспечивает начальную угловую скорость, намного превышающую Ω_n , например, поставить ЛДУС на платформу поворотного стола, вращающегося с постоянной угловой скоростью $\Omega_n^0 > K_n \Omega_n$, где $K_n \approx 10 \dots 30$ — коэффициент запаса. Тогда характеристика ЛДУС будет ограничена линейным участком в диапазоне $\Omega_n^0 - \Omega_{z\max}$ и $\Omega_n^0 + \Omega_{z\max}$. Применение постоянного вращения позволяет определить знак Ω_z без дополнительных устройств.

Однако этот способ требует дорогостоящего прецизионного поворотного стола, увеличивает габариты системы. Поэтому он нашел ограниченное применение (например, использование одного поворотного стола для блока трех ЛДУС морской системы навигации).

Наиболее распространена так называемая частотная подставка, осуществляющая колебания корпуса прибора, как правило, по гармоническому закону $\psi = \psi_n \sin v_n t$. При этом параметры колебаний подставки выбирают таким образом, что-

бы время прохождения зоны нечувствительности было мало. Тогда можно считать, что рабочая точка характеристики a мгновенно переходит в точку a' при смене знака ($v_n \psi_n > \Omega_{z\max} + K_n \Omega_n$). Подставка реализуется с помощью упругой подвески корпуса ЛДУС, которому с помощью электромагнитного возбудителя сообщают колебания заданной частоты; частоту v_n целесообразно выбирать равной частоте собственных угловых колебаний корпуса на упругом подвесе.

Преимуществом такой электромеханической подставки является простота конструкции наряду с возможностью получения высоких точностных характеристик. Применяют также магнитно-оптические подставки на магнитно-оптических не-взаимных элементах, использующих ячейки Фарадея, невзаимные элементы, основанные на эффекте Френеля—Физо и др. [2]. Эффективная разность хода лучей обеспечивается за счет различных параметров среды при прохождении лучей в одну и другую стороны. Так, лучи света, поляризованные по кругу и помещенные в постоянное магнитное поле, имеют различные коэффициенты преломления (эффект Фарадея), что и вызывает их частотное смещение. Однако в связи с конструктивными и технологическими проблемами такие подставки не нашли широкого применения.

Наличие нулевого сигнала ЛДУС приводит к сдвигу его характеристик влево или вправо (рис. 95, в). Величину $\Omega_{др} = \Delta f_{др}/h$ называют скоростью дрейфа нуля. С учетом $\Omega_{др}$ характеристика (114) имеет вид

$$\Delta f = h(\Omega_z + \Omega_{др}) = h\Omega_z + h\Omega_{др}.$$

2. Влияние нежесткости на характеристики ДУС

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-

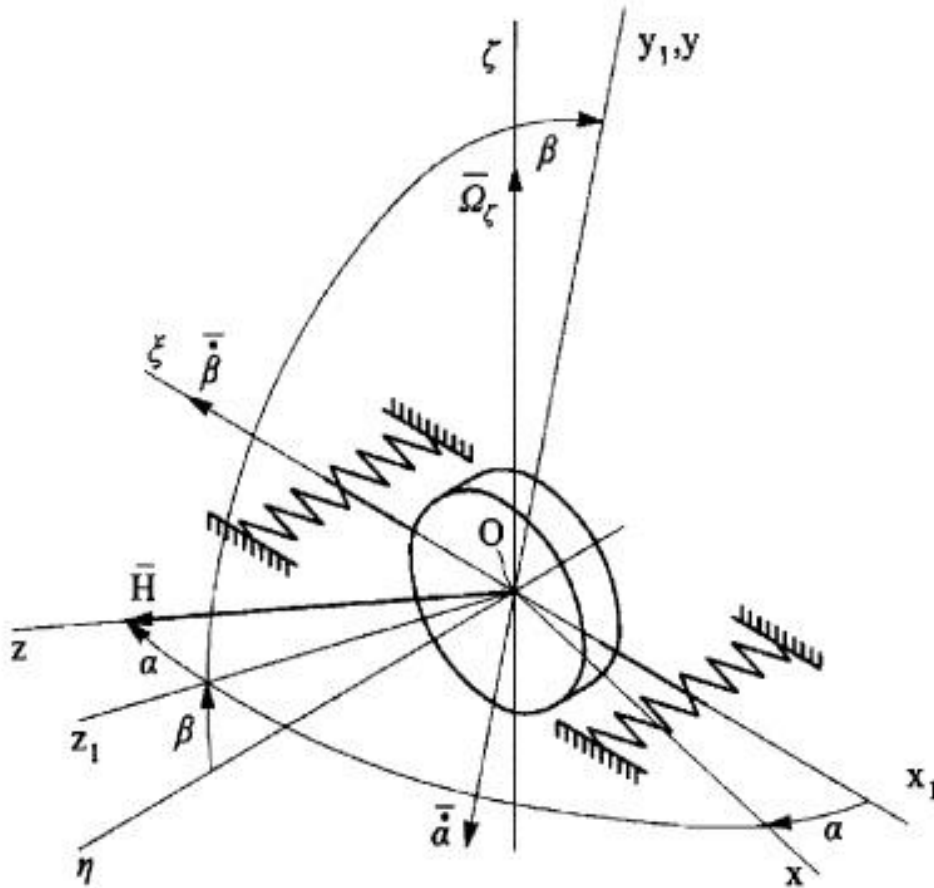


Рис. 64. К выводу уравнений движения ИГ с учетом нежесткости конструкции

113

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 $K_\alpha\alpha$:

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

На динамику ДУС заметно влияет нежесткость конструкции крепления ротора. Воспользуемся упрощенной конструктивной схемой крепления гироузла (см. рис. 64). Упругая связь с приведенной угловой жесткостью K_α обуславливает дополнительную степень свободы. Уравнение движения ротора вокруг оси Oy при малых α и β

$$B_0\ddot{\alpha} + D_\alpha\dot{\alpha} + K_\alpha\alpha = H\dot{\beta}, \quad (84)$$

где B_0 — приведенный момент инерции гироузла относительно оси Oy ; D_α — удельный демпфирующий момент относительно оси Oy .

Считая, что вокруг оси Oy колебания быстро затухают, запишем уравнение (84) в виде

$$K_\alpha\alpha = H\dot{\beta}; \quad (85)$$

гироскопический момент при этом уравновешивается упругим моментом.

Уравнение движения относительно оси Ox

$$A_0\ddot{\beta} + D\dot{\beta} + K\beta = H(\Omega_\zeta - \dot{\alpha}). \quad (86)$$

Подставив $\dot{\alpha} = \frac{H}{K_\alpha}\ddot{\beta}$ в выражение (86), получим

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

Собственная частота $\omega'_0 = \sqrt{\frac{K}{A_0 + H^2/K_\alpha}}$ ДУС с нежесткой конструкцией меньше $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{A_0}}$, следовательно, возрастают погрешности $\Delta_{\text{дин}}$ и φ . Как правило, $\omega'_0 \approx (0,85 \dots 0,90)\omega_0$.