

характеристика системы стабилизации на частотах, близких к нутационной, практически оказывается близкой к нулю.

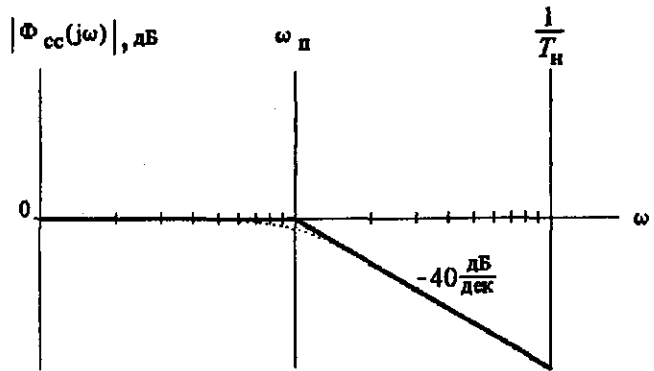


Рис. 3.7. ЛАХ замкнутой системы стабилизации

Для определения устойчивости ДНГ с реальной системой стабилизации разомкнем структурную схему ДНГ на подвижном основании, выделенную пунктиром на рис. 3.6, в точке *a*, и составим передаточную функцию разомкнутой системы:

$$W_r(s) = \frac{[H - J_1 \Phi_{cc}(s)]^2}{\{A_r s + D[1 - \Phi_{cc}(s)]\}^2} \quad (3.14)$$

Для частного случая $\Phi_{cc}(j\omega) = 0$, что соответствует неподвижному основанию, это выражение можно представить в виде

$$W_r(s) = \frac{H^2}{D^2 (T_a s + 1)^2}; \quad T_a = \frac{A_r}{D} \quad (3.15)$$

Соответствующая ЛАХ и ФЧХ представлены на рис. 3.8.

Здесь важно отметить, что устойчивость ДНГ в данном случае определяется поведением ЛАХ в окрестности частоты среза $\omega_{ср}$, равной нутационной частоте гироскопа. Полагая, что ЛАХ ДНГ с реальной системой стабилизации пересекает ось децибел также на частоте, близкой к нутационной, и имея в виду, что на этой частоте модуль $\Phi_{cc}(j\omega)$ близок к нулю, получаем возможность пренебречь в выражении (3.14) слагаемыми с $\Phi_{cc}(s)$ и представить его в виде (3.15).

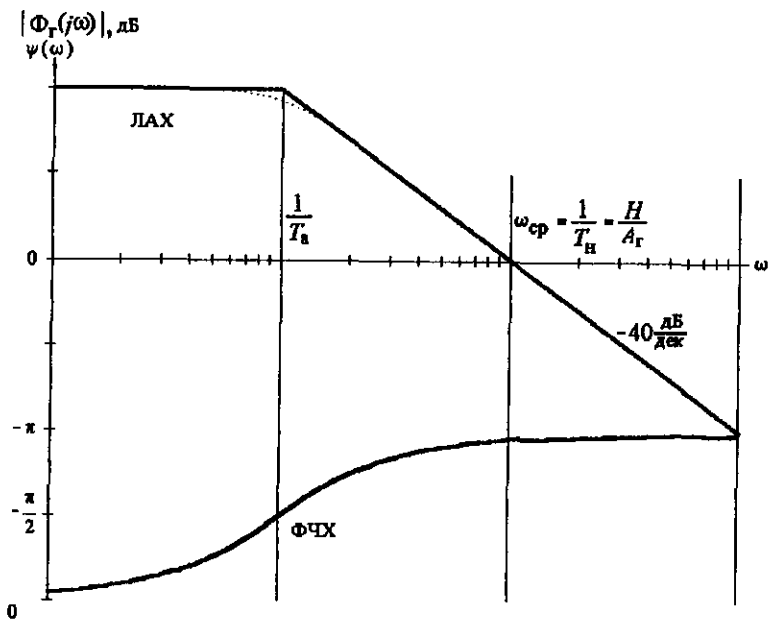


Рис. 3.8. ЛАХ и ФЧХ разомкнутого ДНГ

Отсюда можно сделать вывод, что при правильном выборе параметров системы стабилизации ее влияние на устойчивость ДНГ может не учитываться. В этом случае устойчивость ДНГ, установленного на платформе гиросtabilизатора, может быть определена на основании полученных выше условий устойчивости ДНГ на неподвижном основании.

Для получения количественных соотношений, определяющих степень влияния передаточной функции системы стабилизации на устойчивость гиросtabilизатора на ДНГ, проведем подстановку $s = j\omega$ в выражении (3.14) для передаточной функции $W_r(s)$ и получим частотную характеристику разомкнутого ДНГ:

$$W_r(j\omega) = \frac{[H - J_1 \Phi_{cc}(j\omega)]^2}{\{A_r j\omega + D[1 - \Phi_{cc}(j\omega)]\}^2} \quad (3.16)$$

Представим частотную характеристику замкнутой системы стабилизации $\Phi_{cc}(j\omega)$ в следующем виде:

$$\Phi_{cc}(j\omega) = A_{cc}(\omega)[\cos \psi_{cc}(\omega) + j \sin \psi_{cc}(\omega)], \quad (3.17)$$

где $A_{cc}(\omega)$ и $\psi_{cc}(\omega)$ — соответственно амплитудная и фазовая характеристики системы стабилизации.

Подставим (3.17) в выражение (3.16) для $W_r(s)$, тогда

$$W_r(j\omega) = \frac{\{H - J_1 \dot{\phi} A_{cc}(\omega)[\cos \psi_{cc}(\omega) + j \sin \psi_{cc}(\omega)]\}^2}{\{A_r j\omega + D[1 - A_{cc}(\omega) \cos \psi_{cc}(\omega) + j A_{cc}(\omega) \sin \psi_{cc}(\omega)]\}^2},$$

или

$$W_r(j\omega) = \left\{ \frac{H - J_1 \dot{\phi} A_{cc}(\omega) \cos \psi_{cc}(\omega) - j J_1 \dot{\phi} A_{cc}(\omega) \sin \psi_{cc}(\omega)}{D[1 - A_{cc}(\omega) \cos \psi_{cc}(\omega)] + j [A_r \omega - D A_{cc}(\omega) \sin \psi_{cc}(\omega)]} \right\}^2 \quad (3.18)$$

Вычислив модуль настоящей функции комплексного переменного, получим выражение для амплитудно-частотной характеристики разомкнутого ДНГ:

$$|W_r(j\omega)| = \sqrt{W_r(j\omega) \cdot W_r(-j\omega)} = \frac{[H - J_1 \dot{\phi} A_{cc}(\omega) \cos \psi_{cc}(\omega)]^2 + [J_1 \dot{\phi} A_{cc}(\omega) \sin \psi_{cc}(\omega)]^2}{D^2 [1 - A_{cc}(\omega) \cos \psi_{cc}(\omega)]^2 + [A_r \omega - D A_{cc}(\omega) \sin \psi_{cc}(\omega)]^2} \quad (3.19)$$

Если, как и ранее, предположить, что на высоких частотах, значительно превышающих частоту ω_n системы стабилизации, амплитуда $A_{cc}(\omega)$ стремится к нулю, то, пренебрегая слагаемыми с $A_{cc}(\omega)$ в выражении (3.19), получим

$$|W_r(j\omega)| = \frac{H^2}{A_r^2 \omega^2 + D^2}; \quad \omega \gg \omega_n. \quad (3.20)$$

В этом случае ЛАХ разомкнутого ДНГ пересечет ось нуля децибел при частоте ω_n , которая определится из выражения

$$|W_r(j\omega_n)| = \frac{H^2}{A_r^2 \omega_n^2 + D^2} = 1; \quad \omega_n \gg \omega_n.$$

Отсюда $\omega_n^2 = (H^2 - D^2) / A_r^2$, или учитывая, что $H^2 \gg D^2$, получаем

$$\omega_n \cong \frac{H}{A_r}, \quad (3.21)$$

что совпадает с нутационной частотой ДНГ. Очевидно, что полученное соотношение справедливо только в случае, если нутационная частота ω_n значительно превышает частоту ω_n системы стабилизации, что, как указывалось, всегда выполняется в стабилизаторах на ДНГ.

С целью определения запаса устойчивости по фазе умножим внутри фигурных скобок выражения (3.18) числитель и знаменатель на

$$D[1 - A_{cc}(\omega) \cos \psi_{cc}(\omega)] - j[A_r \omega - D A_{cc}(\omega) \sin \psi_{cc}(\omega)]$$

и опустим для простоты записи аргумент, от которого зависят функции $A_{cc}(\omega)$ и $\psi_{cc}(\omega)$. Это позволяет записать выражение для частотной характеристики $W_r(j\omega)$ в виде

$$W_r(j\omega) = \frac{\left\{ (H - J_1 \dot{\phi} A_{cc} \cos \psi_{cc}) D (1 - A_{cc} \cos \psi_{cc}) - J_1 \dot{\phi} A_{cc} \sin \psi_{cc} (A_r \omega - D A_{cc} \sin \psi_{cc}) \right\}^2}{\left\{ D^2 (1 - A_{cc} \cos \psi_{cc})^2 + (A_r \omega - D A_{cc} \sin \psi_{cc})^2 \right\}^2} - j \frac{\left\{ (H - J_1 \dot{\phi} A_{cc} \cos \psi_{cc}) (A_r \omega - D A_{cc} \sin \psi_{cc}) + J_1 \dot{\phi} A_{cc} \sin \psi_{cc} + D (1 - A_{cc} \cos \psi_{cc}) \right\}^2}{\left\{ D^2 (1 - A_{cc} \cos \psi_{cc})^2 + (A_r \omega - D A_{cc} \sin \psi_{cc})^2 \right\}^2} \quad (3.22)$$

Отсюда выражение для фазовой частотной характеристики $\psi_r(\omega)$ может быть записано в следующем виде:

$$\psi_r(\omega) = \arg W_r(j\omega) = 2 \arctg \frac{(H - J_1 \dot{\phi} A_{cc} \cos \psi_{cc}) (A_r \omega - D A_{cc} \sin \psi_{cc}) + J_1 \dot{\phi} A_{cc} \sin \psi_{cc} D (1 - A_{cc} \cos \psi_{cc})}{(H - J_1 \dot{\phi} A_{cc} \cos \psi_{cc}) D (1 - A_{cc} \cos \psi_{cc}) - J_1 \dot{\phi} A_{cc} \sin \psi_{cc} (A_r \omega - D A_{cc} \sin \psi_{cc})} \quad (3.23)$$

Для определения запаса устойчивости по фазе необходимо знать значение $\psi_r(\omega)$ в точке пересечения ЛАХ оси абсцисс, т. е. в точке