

Тема 11. Запас устойчивости системы по модулю и фазе

Преимуществом критерия Найквиста является то, что он дает количественные оценки устойчивости и позволяет связать исследование устойчивости с последующим анализом качества и выбором оптимальных настроечных параметров регуляторов. Формулируется критерий Найквиста следующим образом.

САР, устойчивая в разомкнутом состоянии, будет устойчивой в замкнутом состоянии, если годограф АФХ разомкнутой системы при изменении частоты от нуля до бесконечности не охватывает на комплексной плоскости точку с координатами $(-1, j0)$. Устойчивой системе соответствует годограф $W_1(j\omega)$ на рисунке 11.1. Если АФХ разомкнутой системы охватывает точку $(-1, j0)$, то замкнутая система будет неустойчивой. Неустойчивой системе соответствует годограф $W_2(j\omega)$ на рисунке 11.1. Если годограф АФХ разомкнутой системы проходит через точку $(-1, j0)$, то система находится на границе устойчивости.

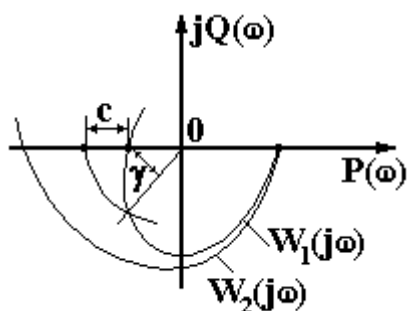


Рисунок 11.1

Для устойчивой системы по расположению годографа АФХ можно судить о так называемом запасе устойчивости. Чем дальше годограф АФХ разомкнутой системы проходит от точки $(-1, j0)$, тем больше этот запас. Характеризуется он двумя численными величинами: запасом устойчивости по модулю C и запасом устойчивости по фазе γ (рисунок 11.1).

Запас устойчивости по модулю определяется как расстояние от точки $(-1, j0)$ до точки пересечения годографа АФХ разомкнутой системы с отрицательной вещественной полуосью. Величина C находится в пределах от 0 до 1. Запас устойчивости по модулю показывает в каких пределах можно увеличивать модуль АФХ разомкнутой системы, чтобы замкнутая система оставалась устойчивой.

Запас устойчивости по фазе – это угол между отрицательной вещественной полуосью и лучом, проведенным из начала координат в точку пересечения годографа АФХ разомкнутой системы с окружностью единичного радиуса. Запас устойчивости по фазе показывает в каких пределах возможно увеличение запаздывания по фазе в разомкнутой системе, чтобы замкнутая система оставалась устойчивой.

ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ ПО МОДУЛЮ И ФАЗЕ

На рисунке 11.1 показана амплитудно-фазовая характеристика разомкнутой системы $W_{pc}(j\omega)$ и окружность с радиусом $R=1$.

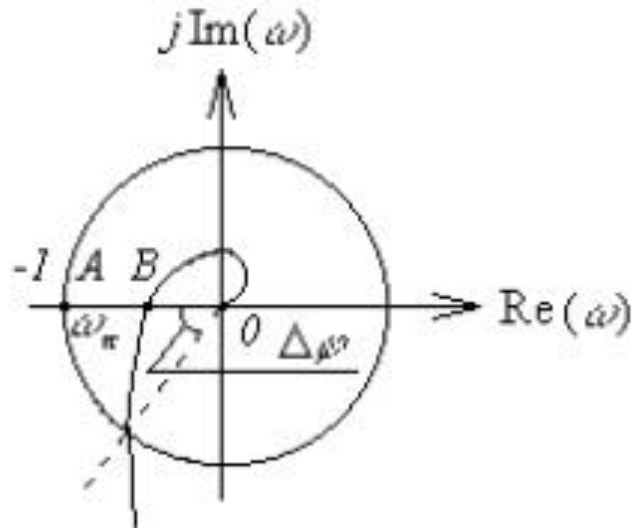


Рисунок 11.1 - К определению запаса устойчивости по модулю и по фазе

Запас устойчивости по модулю ΔA определяется величиной отрезка AB . Он показывает, на какую величину нужно увеличить амплитуду амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы $A_{pc}(\omega)$ без изменения фазы, чтобы замкнутая система вышла на границу устойчивости:

$$\Delta A = 1 - A(\omega_\pi) \quad (11.1)$$

Запас устойчивости по фазе $\Delta\varphi$ определяется величиной

$$\Delta\varphi = \pi - |\varphi(\omega_\pi)| \quad (11.2)$$

Он показывает, на какую величину по часовой стрелке нужно повернуть по фазе без изменения амплитуды вектор амплитудно-фазовой характеристики разомкнутой системы, чтобы замкнутая система вышла на границу устойчивости.

Если в систему ввести звено транспортного запаздывания, то её запас устойчивости по фазе уменьшится. Время запаздывания, при котором замкнутая система выходит на границу устойчивости, называется критическим. Из рисунке 9.1 следует, что оно определяется величиной

$$\tau_{кр} = \frac{\Delta\varphi}{\omega_0}$$

где ω_0 – частота, при которой для разомкнутой системы без транспортного запаздывания выполняется условие

$$A_{pc} = 1 \quad (11.3)$$

Если увеличить коэффициент усиления статической разомкнутой системы $K_{pc} = W_{pc}(0)$, то запас устойчивости по модулю будет уменьшаться. Значение K_{pc} , при котором замкнутая система выходит на границу устойчивости, называется критическим. Оно определяется из условия:

$$\left| W_{pc}(K_{pc}, \omega_{pc}) \right| = 1 \quad (11.4)$$