

第十六周习题

1. 已知开环传递函数

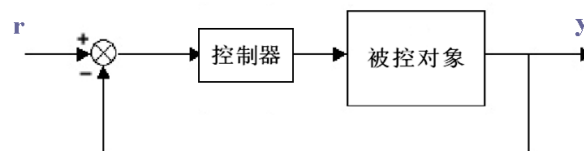
$$G_p(s) = \frac{2.55 \times 10^5}{s^3 + 115s^2 + 1500s}$$

检验相应的单位闭环反馈系统是否稳定。如果保持系统的开环比例系数及开环截至频率 ω_c 不变，试分析为使系统具有足够的稳定裕度，应采取哪种形式（超前、滞后或者两者结合）的串联校正装置？并说明理由。

参考解答：解得闭环极点为 $s_1 = -1.2017$ ， $s_{2,3} = 0.0259 \pm 0.4599j$ ，有极点在虚轴右侧，因此系统不稳定。

要提高稳定裕度，可采用超前校正，又要保持穿越频率不变，应采用滞后校正，所以综合应采用超前滞后校正。

2. 串联校正闭环系统如图



其中被控对象传递函数为

$$G_p(s) = \frac{K}{s(s+1)(2s+1)}$$

试设计一个超前滞后校正装置 $G_c(s)$ ，使得 $K_v = 10s^{-1}$ ，相角裕度为 $\gamma = 50^\circ$ ，增益裕度 K_g 大于 10dB。

参考解答：

$$G_p(s) = \frac{K}{s(s+1)(2s+1)}$$

开环比例系统 $K = K_v = 10$ 。 $\omega_c = 1.59 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, $\gamma = -40.4^\circ$ 。在此 ω_c 条件下, γ 很难达到 50° 。

用MATLAB绘制伯德图, 当相角为 180° 时, $\omega = 0.704 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, 将其作为校正后的系统对数穿越频率, 因此取超前角 $\varphi_m = 50 + 10 = 60^\circ$ 。

超前校正设计: $\alpha = \frac{1 + \sin 60^\circ}{1 - \sin 60^\circ} = 13.928$, $\frac{1}{T_1} = \sqrt{\alpha} \omega_c = 2.627$, $T_1 = 0.381$, $\alpha T_1 = 5.301$,

因此控制器的超前校正设计部分为:

$$G_{c_1}(s) = \frac{1 + 5.301s}{1 + 0.381s}$$

滞后校正设计: 分析 $G_p(s)G_{c_1}(s)$ 的幅频特性。

$$20 \lg |G_p(j0.704)G_{c_1}(j0.704)| > 20 \lg |25.098|$$

因此, $20 \lg |G_{c_2}(j0.704)| = -20 \lg |25.098| = -20 \lg \beta$ 。 $\beta = 25.098$ 。取 $\frac{1}{T_2} = \frac{\omega_c}{5} = 0.141$,

得 $T_2 = 7.092$, $\beta T_2 = 177.992$ 。

因此控制器的滞后校正设计部分为:

$$G_{c_2}(s) = \frac{1 + 7.092s}{1 + 177.995s}$$

校正后系统性能分析。

$$G_p(s)G_c(s) = \frac{10(1 + 5.301s)(1 + 7.092s)}{s(s+1)(2s+1)(1 + 0.381s)(1 + 177.995s)}$$

经验证, 得到的相角裕量为 50° , 增益裕度为 12.8 dB 。