

武汉科技大学

2005 年硕士研究生入学考试试题（答案）

课程名称：控制原理 428

总页数：4 第 1 页

1. 解：(1) (10 分, 每个系统各 5 分, 无过程扣 1~2 分)

$$(a) \quad \Theta \quad k(x_i - x_o) - c\dot{x}_o = m\ddot{x}_o$$

$$\therefore m\ddot{x}_o + c\dot{x}_o + kx_o = kx_i$$

$$(b) \quad \Theta \quad x_i - kx_o - c\dot{x}_o = m\ddot{x}_o$$

$$\therefore m\ddot{x}_o + c\dot{x}_o + kx_o = x_i$$

(2) (6 分, 每个系统各 3 分)

$$(a) \quad \frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{k}{ms^2 + cs + k}$$

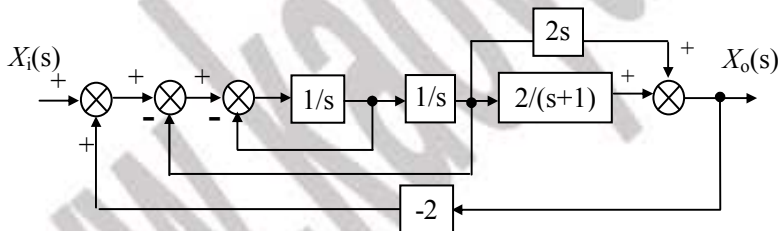
$$(b) \quad \frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{1}{ms^2 + cs + k}$$

(3) (4 分, 每个系统各 2 分)

(a) 系统输入、输出均为位移, 所以传递函数的量纲为 1 (无量纲);

(b) 系统输入为力, 输出为位移, 所以传递函数的量纲为 m/N.

2. 解: (1) 框图化简 (8 分, 至少进行一步化简去掉并行支路, 如下图)



(2) 求 $G_B(s)$ (概念正确, 计算错误扣 2~4 分)

$$\text{系统前向通道传递函数为: } G(s) = \frac{1}{s(s+1)+1} \times \frac{2(s(s+1)+1)}{s+1} = \frac{2}{s+1} \quad (6 \text{ 分})$$

$$\text{系统闭环传递函数为: } G_B(s) = \frac{G(s)}{1 - (-2)G(s)} = \frac{2}{s+5} \quad (6 \text{ 分})$$

3. 解: (1) (8 分, 无过程扣 5 分, 笔误扣 2 分)

$$\Theta \quad e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + G_k(s)} \frac{1}{s^2} = \frac{1}{K_v}$$

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G_k(s) = K/5$$

$$\therefore e_{ss} = 5/K$$

显然, K 越大, 稳态误差越小。

(2) (8 分, 无过程扣 5 分, 笔误扣 2 分)

系统特征方程: $D(s) = 1 + G_k(s) = 0 \Rightarrow s^3 + 6s^2 + 5s + K = 0$

总页数: 4 第 2 页

建立劳斯行列表:

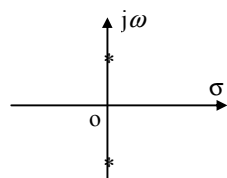
S^3	1	5
S^2	6	K
S^1	$(30-K)/6$	0
S^0	K	

由劳斯判据: $0 < K < 30$

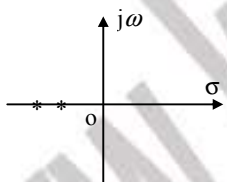
(3) (4 分, 笔误扣 1~2 分)

由劳斯判据可知, 系统的稳态误差 $e_{ss} \geq 5/30 = 1/6$

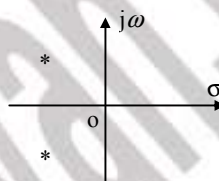
4. 解 (1) (10 分, 每问 2.5 分)



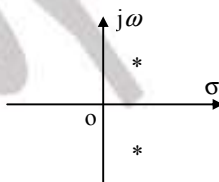
$\xi=0$



$\xi > 1$



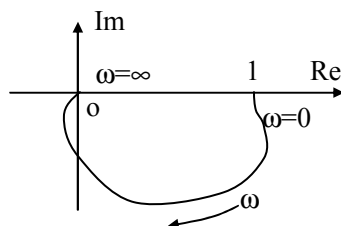
$0 < \xi < 1$



$-1 < \xi < 0$

(2)(10 分, 无阻尼比分析扣 4 分, 标注不全扣 1~2 分)

$\Theta \xi = 0.5 < 1/\sqrt{2} \therefore$ 系统存在谐振峰值。



5. 解: (1) (10 分, 幅频 4 分, 相频 4 分, 转折频率 2 分))

$$\Theta G_k(j\omega) = \frac{5}{j\omega(j\omega + 0.1)(j\omega + 5)} = \frac{10}{j\omega(j\omega/0.1 + 1)(j\omega/5 + 1)}$$

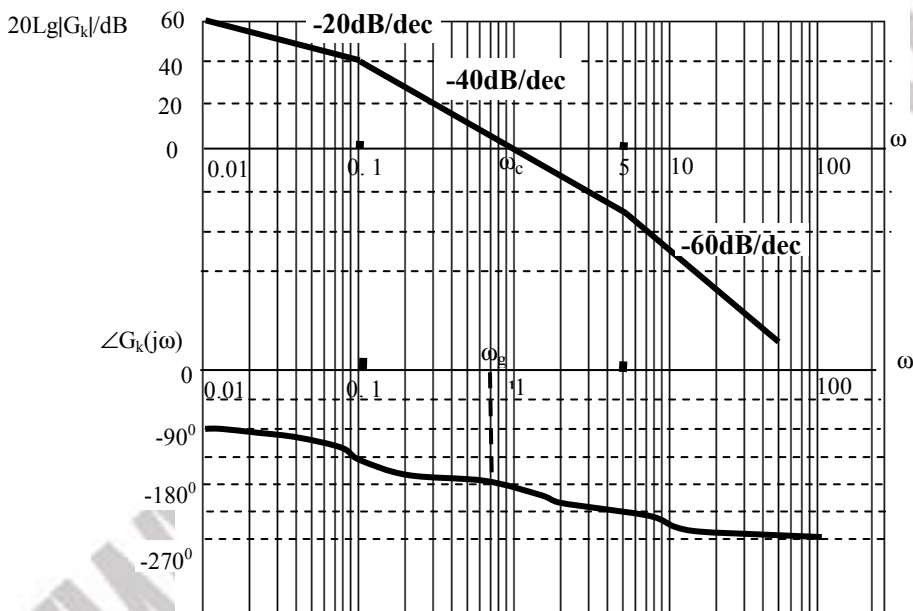
$$\therefore |G_k(j\omega)| = \frac{10}{\omega \sqrt{1 + (10\omega)^2} \sqrt{1 + (0.2\omega)^2}}$$

$$\angle G_k(j\omega) = -90^\circ - \arctg 10\omega - \arctg 0.2\omega$$

$$\omega_{T1} = 0.1s^{-1}, \omega_{T2} = 5s^{-1}$$

总页数: 4 第 3 页

(2) (10 分, 幅频特性按渐近线准确画出 6 分, 斜率标注不全扣 1~2 分; 相频特性 4 分, 画出 $-90^\circ \sim -270^\circ$ 的变化趋势)



(3) (a) 计算相位穿越频率 (4 分)

$$\Theta \angle G_k(j\omega_g) = -180^\circ \therefore \frac{10\omega_g + 0.2\omega_g}{1 - 2\omega_g^2} = \infty \Rightarrow \omega_g = \frac{\sqrt{2}}{2} s^{-1}$$

(b) 计算幅值裕度 (4 分)

$$\Theta |G_k(j\omega_g)| = \frac{10}{\omega_g \sqrt{1 + (10\omega_g)^2} \sqrt{1 + (0.2\omega_g)^2}} = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{51}\sqrt{1.02}} = 1.96$$

$$\therefore k_g(\text{db}) = -20\lg|G_k(j\omega_g)| = -20\lg 1.96 = -5.845 < 0\text{db}$$

(c) 判断稳定性 (2 分)

Θ 该系统是一个开环稳定系统, 因此由系统的幅值裕度为负, 知系统闭环不稳定。

(说明: 若仅根据标注的 ω_g 与 ω_c 的关系判断闭环系统的稳定性, 且结论正确, 扣 5 分。)

6. 解:

系统动力学方程为: $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f$

$$\text{其传递函数为: } \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + cs + k} = \frac{\frac{1}{k}\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

总页数: 4 第 4 页

$$\therefore \omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \xi = \frac{c}{2\sqrt{mk}} \quad (5 \text{ 分})$$

$$\Theta \omega_r = \omega_n \sqrt{1 - 2\xi^2} = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad \text{且 } \omega_n = 1 \therefore \xi = 0.5 \quad (5 \text{ 分})$$

$$\therefore \frac{k}{m} = 1, \quad \frac{c}{m} = 1 \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{又 } 20 \lg \frac{1}{k} = 20 \rightarrow k = 0.1 \text{ N/m} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\therefore m = 0.1 \text{ kg}, \quad c = 0.1 \text{ N.s/m} \quad (3 \text{ 分})$$

$$7. \text{ 解: 由图可知: } G_1(s) = 10, \quad G_2(s) = \frac{1}{s\left(\frac{s}{0.6} + 1\right)} \quad (10 \text{ 分})$$

$$\therefore G_B(s) = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 G_2} = \frac{10}{\frac{s^2}{0.6} + s + 10} = \frac{6}{s^2 + 0.6s + 6} \quad (10 \text{ 分})$$