

第 3 次作业

2022 年秋季学期

截止日期: 2022-10-19

允许讨论, 禁止抄袭

1. 对于如图 1 所示的单位反馈系统, 确定比例控制器增益 K , 使得输出 $y(t)$ 对单位阶跃输入的超调量不超过 10%.

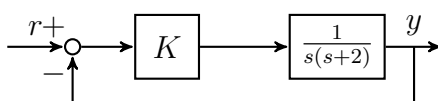


图 1. 题 1 中系统

2. 某个伺服机械系统, 有一对共轭极点, 无有限零点. 其 10% 到 90% 的上升时间 t_r 、超调量 M_p 和衰减到 2% 的调节时间 t_s 分别如下

$$t_r \leq 0.6 \text{ s}$$

$$M_p \leq 17\%$$

$$t_s \leq 8.8$$

在 S 平面中画出能满足这三个指标的极点所在区域.

3. 直流电动机的运动方程可由下式给出

$$J_m \ddot{\theta}_m + \left(b + \frac{K_t K_e}{R_a}\right) \dot{\theta}_m = \frac{K_t}{R_a} v_a$$

假设:

$$J_m = 0.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$b = 0.001 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$$

$$K_e = 0.02 \text{ V} \cdot \text{s}$$

$$K_t = 0.02 \text{ N} \cdot \text{m/A}$$

$$R_a = 10 \Omega$$

- (1) 求输入电压 v_a 和电机角速度 $\dot{\theta}_m$ 之间的传递函数;
- (2) 当输入电压 $v_a = 10 \text{ V}$ 时, 电动机的稳态速度是多少?
- (3) 求输入电压 v_a 和转轴角 θ_m 之间的传递函数;
- (4) 假设在 (3) 的系统中加入反馈, 使其变为一个位置伺服装置, 且输入电压为

$$v_a = K(\theta_r - \theta_m)$$

其中, K 为反馈增益, 求 θ_r 和 θ_m 之间的传递函数;

- (5) 若期望的超调量 $M_p < 20\%$, 那么 K 的最大值为多少?
 - (6) 当 K 取何值时, 10% 到 90% 的上升时间小于 4 s (忽略 M_p 的约束)?
 - (7) 当 $K = 0.5, 1$ 和 2 时, 用 Matlab 或 Python 画出该位置伺服控制系统的单位阶跃响应. 通过观察所画的曲线, 求这三个单位阶跃响应的超调量和 10% 到 90% 的上升时间, 并比较这些图与 (5) 和 (6) 中的计算结果是否一致?
4. 求 K 的取值范围, 以使得以下多项式的所有根都在 S 平面的左半平面 (LHP)

$$s^5 + 5s^4 + 10s^3 + 10s^2 + 5s + K = 0$$

并用 Matlab 在 S 平面内画出该多项式在不同 K 值下的根, 来验证得到的结论 (选择两个满足取值范围的 K 值以及两个不满足取值范围的 K 值).

5. 图 2 为闭环磁悬浮系统, 确定使闭环系统稳定的参数范围 (a, K, z, p, K_o).

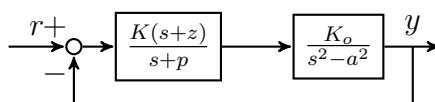


图 2. 题 5 中系统

6. 考虑一个人造卫星运行姿态的控制系统. 已知被控对象的传递函数为 $G_p(s) = \frac{1}{s^2}$, 采用如图 3 所示的单位反馈控制结构, 控制器传递函数为 $G_c = \frac{10(s+2)}{s+5}$. 试确定系统的类型, 并求相应的误差常数.

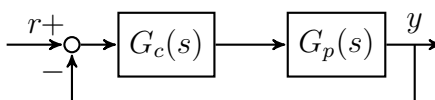


图 3. 题 6 中系统

7. 考虑如图 4 所示的系统. 确定 K 的值使得系统的速度误差常数为 $K_v = 1$.

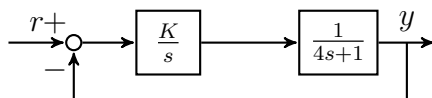


图 4. 题 7 中系统

8. 考虑如图 5 所示的系统. 确定 K 的值使得系统对单位阶跃输入的稳态误差为 0.

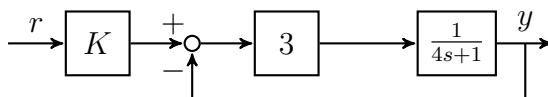
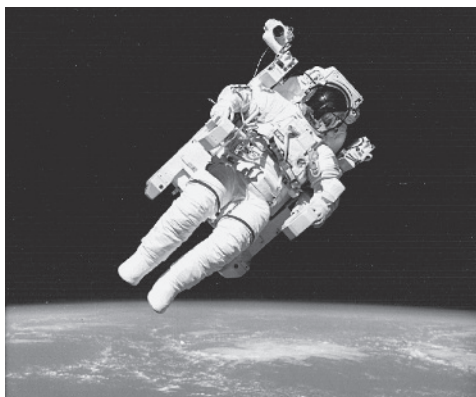


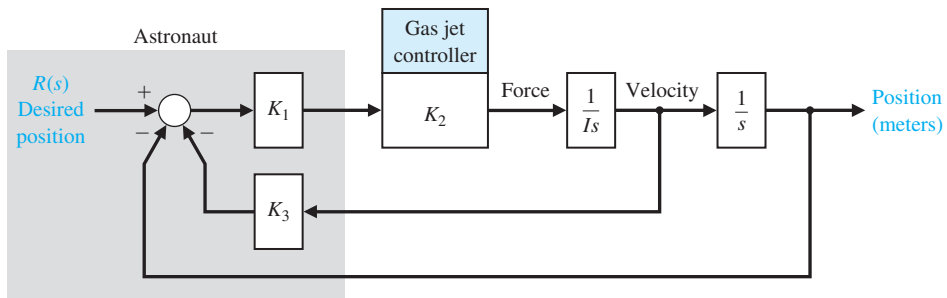
图 5. 题 8 中系统

9. 如图 6(a) 所示, 1984 年 2 月 7 日, 宇航员 Bruce McCandless II 利用手持的喷气推进装置, 完成了人类历史上的首次太空行走. 宇航员机动控制系统的框图如图 6(b) 所示, 其中手持喷气推进控制器可以用增益 K_2 表示, 宇航员及自身装备的整体转动惯量为 $I = 25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

- (1) 当输入为单位斜坡信号 $r(t) = t \cdot 1(t)$ (单位为 m) 时, 试确定增益 K_3 的合适取值, 使系统的稳态误差小于 1 cm ;
- (2) 沿用 (1) 中确定的增益 K_3 , 试确定 $K_1 K_2$ 的取值, 使系统的超调量小于 10% .



(a)



(b)

图 6. 题 9 中系统