

## 智能系统控制实践 (2)

第四次作业：

1. 完成下表中各灵敏度函数的推导。

四种情况	可变参数	灵敏度
开环系统	被控对象	$S_G^T = 1$
单位反馈闭环系统	被控对象	$S_G^T = \frac{1}{1+GK}$
反馈闭环系统	被控对象	$S_G^T = \frac{1}{1+HGK}$
反馈闭环系统	反馈环节	$S_H^T = \frac{-HGK}{1+HGK}$

2. 推导灵敏度函数最大值与系统相位裕度之间的关系。

3. 分别针对乘性和加性不确定性，完成鲁棒稳定性条件的推导（注意推导过程的逻辑关系）。

4. 鲁棒稳定性条件是充分条件还是必要条件？为什么？

5. 下图给出了扰动观测器的设计原理。

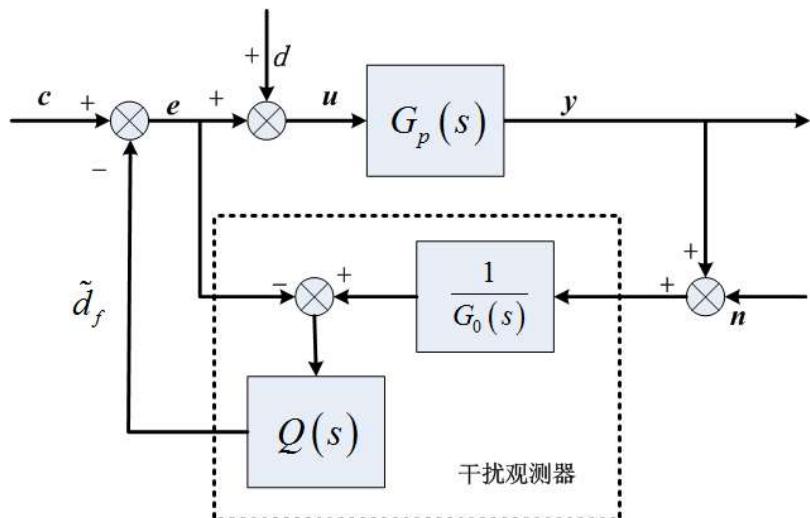


图 1 干扰观测器

图 1 中， $Q(s)$  为一低通滤波器， $G_0(s)$  为被控对象  $G_p(s)$  的标称模型，且  $G_0(s)$

和  $G_p(s)$  具有相同的相对阶。令

$$\Delta(s) = \frac{G_p(s)}{G_0(s)} - 1$$

则可得

$$G_p(s) = G_0(s)(1 + \Delta(s)), \quad G_p(s) - G_0(s) = \Delta(s)G_0(s)$$

显然， $\Delta(s)$  表征了标称模型偏离被控对象实际特性的程度。由于图 1 中引入了反馈通道，构成了闭环系统，因此必须考虑稳定性问题。系统稳定的条件为

$$\|\Delta(s)Q(s)\|_\infty < 1 \quad (1)$$

这里所说的闭环系统稳定性，应该如何理解？是否为  $\Delta(s)$  存在的条件下由  $C(s)$  到  $Y(s)$  的闭环系统稳定性？写出自己的理解。在此基础上，推导式(1)给出的稳定性条件。