

智能系统控制实践

第八次作业：（第 2 题为选做题，可以不做。）

1. 等效噪声带宽用来衡量噪声对系统跟踪误差的影响，对于基本 I 型系统，等效噪声带宽与转折频率无关，为什么设计中还设置转折频率尽可能小（即归一化的无量纲增益 K 尽可能大），以降低噪声的影响？
2. 针对课件“9.1.2 伺服系统的数学模型”中电压源驱动的电机的数学模型，对比是否省略 f 、 L_a 两种条件下，采用比例控制器时增益的大小对系统稳定性的影响。基于鲁棒稳定性概念，对上述对比结果进行定性的解释。

（提示：首先，可基于状态空间模型进行分析。针对 $f = 0$ 、 $L_a = 0$ 和 $f \neq 0$ 、 $L_a \neq 0$ 两种情况，以 u 作为输入，以 θ 作为输出，分别以

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \end{bmatrix}, \quad \bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \bar{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta \\ \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix}$$

作为状态变量，列出系统状态空间模型

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{\bar{x}} = \bar{A}\bar{x} + \bar{B}u \\ y = \bar{C}\bar{x} \end{cases} \quad (2)$$

控制律取输出反馈控制器的形式

$$u = -Ky, \quad K > 0 \quad (3)$$

对比 K 足够大时，系统(1)、(2)的稳定性。进一步的分析，可以求取系统(1)、(2)与比例控制器(3)组成的开环传递函数，并将系统(1)的传递函数

$$G_0(s, K) = C(sI - A)^{-1}BK$$

作为系统的标称模型，而将系统(2)的传递函数

$$G(s, K) = \bar{C}(sI - \bar{A})^{-1}\bar{B}K$$

作为系统的实际模型，其差值

$$\Delta(s) = G(s, K) - G_0(s, K)$$

为系统的不确定性。选取适当的系统参数值，画出 Bode 图，基于鲁棒稳定性判据，验证前面基于状态空间模型的分析结果。）