

鲁棒控制

控制系统 { 确定的
非确定的：模型的不精确性和外部干扰

✦ **鲁棒控制**：一个控制系统在存在不确定的情况下，如果能使系统仍保持预期的性能，使模型的不精确性和外部干扰造成的系统的性能改变是可以接受的。

✦ **Robust**：鲁棒，稳健的，有适应能力的

1. LTI鲁棒控制器

考虑系统

$$\left. \begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + Ew \\ y &= Cx + Du + Fw \\ e &= y - y_r \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

参考输入 y_r 满足如下状态方程：

$$\left. \begin{aligned} \dot{z}_r &= A_r z_r \\ y_r &= C_r z_r \end{aligned} \right\}$$

干扰 w 满足如下状态方程：

$$\left. \begin{aligned} \dot{z}_w &= A_w z_w \\ w &= C_w z_w \end{aligned} \right\}$$

✦ 控制问题：

- 设计控制器，使达到输出调节，即 $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$ 。
- 当模型 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 存在一定的扰动时，系统仍能达到输出调节，即设计鲁棒(伺服)控制系统。

2. 鲁棒控制器存在的条件

定理5-1 鲁棒控制器存在的充分必要条件是

- 1) (A, B) 可镇定
- 2) (C, A) 可检测

意味着系统中不稳定的部分是能控能观测的，因而可通过输出动态反馈镇定。

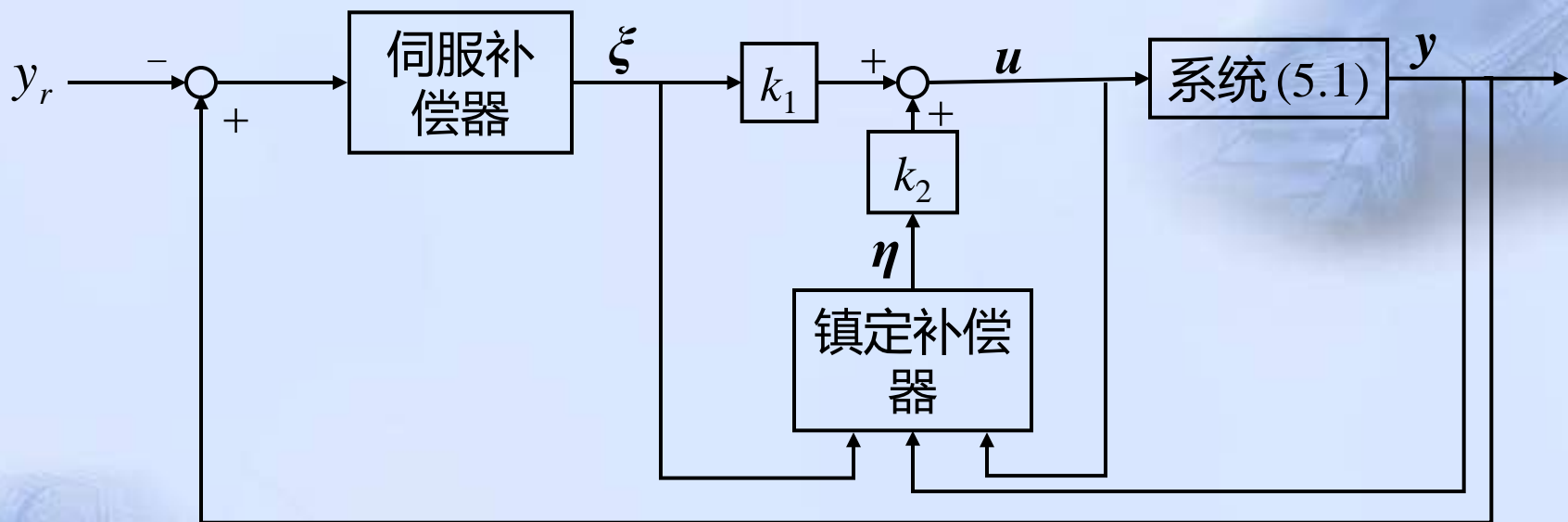
- 3) $m \geq r$ ⊕ 输入变量的维数大于等于输出变量的维数

- 4) 对 A_r 或 A_w 的任一特征值 λ

$$\text{rank} \begin{bmatrix} A - \lambda I & B \\ C & D \end{bmatrix} = n + r$$

表明 A_r 或 A_w 的任一特征值 λ 都不是系统的传递零点。

3. 鲁棒控制器的一般结构



✦ 鲁棒控制器的结构：由伺服补偿器和镇定补偿器构成。

- 1) 伺服补偿器的作用：在克服干扰 w 的作用实现输出调节，使输出跟踪参考输入，没有稳态误差，它的输出记为 ξ 。 **(克服干扰+输出跟踪)**
- 2) 镇定补偿器的作用：使整个闭环系统稳定，它以 ξ, u, y 为输入，它的输出记为 η 。 **(静态反馈，使闭环稳定)**

✦ 在整个控制系统中作用于被控对象的控制向量为 $u = K_1 \xi + K_2 \eta$ ，式中是 K_1, K_2 需要设计的反馈矩阵。

4. 内模原理

- ✦ 伺服补偿器的设计只由干扰向量 w 和参考输入 y_r 的动态特性(A_w 或 A_r 的特征值)决定, 而与被控对象无关。
- ✦ 因此, 在伺服补偿器**(克服干扰+输出跟踪)**中包含了外部环境(扰动和参考输入)的模型。这说明欲克服外部干扰, 实现输出调节, 需在控制器内引入一个外部动态的模型。在调节器的设计中这一事实称为**内模原理**。