

# 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

$$\left. \begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u} + \mathbf{E}\mathbf{w} \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{D}\mathbf{u} + \mathbf{F}\mathbf{w} \\ \mathbf{e} &= \mathbf{y} - \mathbf{y}_r \end{aligned} \right\}$$

参考输入 $\mathbf{y}_r$ 满足如下状态方程:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\mathbf{z}}_r &= \mathbf{A}_r \mathbf{z}_r \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}_r \mathbf{z}_r \end{aligned} \right\}$$

干扰 $\mathbf{w}$ 满足如下状态方程:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\mathbf{z}}_w &= \mathbf{A}_w \mathbf{z}_w \\ \mathbf{w} &= \mathbf{C}_w \mathbf{z}_w \end{aligned} \right\}$$

❖控制问题是:

- 设计控制器, 使达到输出调节, 即  $\lim_{t \rightarrow \infty} \mathbf{e}(t) = 0$ 。
- 当模型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，因而可通过动态输出反馈镇定。

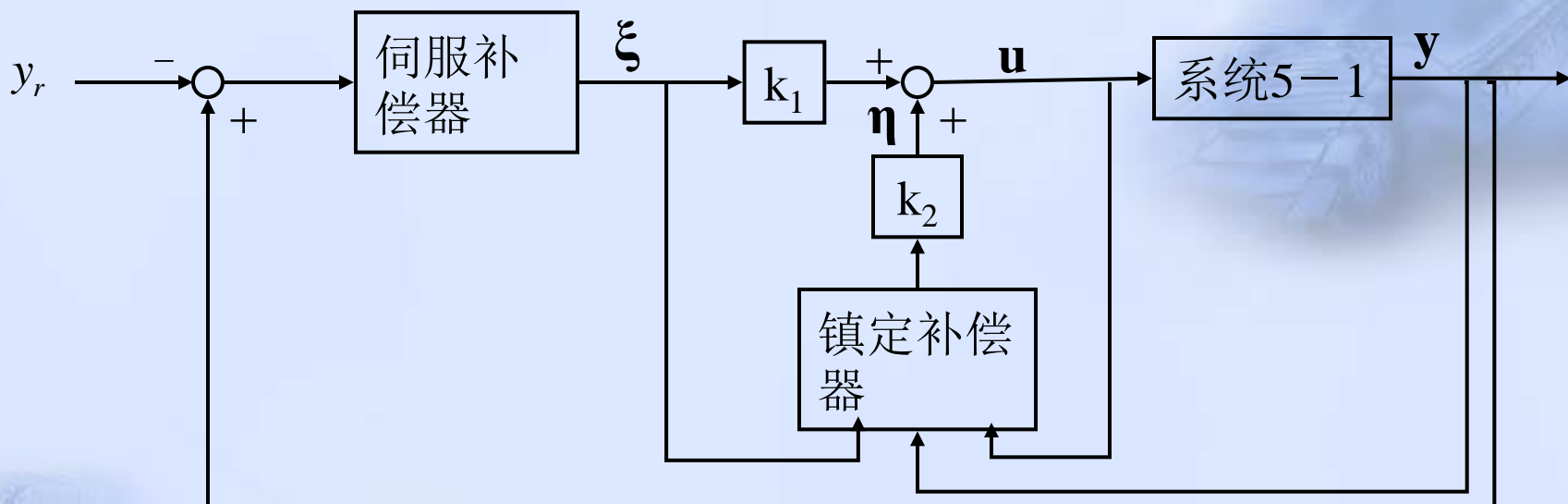
3)  $m \geq r$

4) 对  $A_r$  或  $A_w$  的任一特征值  $\lambda$

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

表明  $A_r$  或  $A_w$  的任一特征值  $\lambda$  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) 伺服补偿器的作用是在克服干扰 $w$ 的作用实现输出调节，使系统输出跟踪参考输入，没有稳态误差，它的输出记为 $\xi$ 。
- 2) 镇定补偿器的作用是使整个闭环系统稳定，它以 $\xi, u, y$ 为输入，它的输出记为 $\eta$ 。

+ 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

$K_1, K_2$  是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。

✦ 因此我们说：在伺服补偿器中包含了外部环境的模型。这说明欲克服外干扰，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**。