# 《现代控制理论》第5章作业解析

王建全

浙江大学电气工程学院

2021.01

1. 下列关于线性定常系统镇定性说法正确的是（ ）

A. 所有系统均是可镇定的；

B. 可镇定系统一定是完全能控系统；

C. 镇定性问题是不能用极点配置解决的；

D. 不完全能控系统在不能控子系统渐进稳定时，是可镇定的；

2. 下列关于反馈控制与能控能观性说法错误的是（ ）

A. 状态反馈不改变系统的能控性；

B. 状态反馈不改变系统的能观性；

C. 输出反馈不改变系统的能控性；

D. 输出反馈不改变系统的能观性；

3.下列关于状态观测器说法错误的是（ ）

A. 状态观测器的引入不影响状态反馈矩阵所配置的系统特征值；

B. 状态反馈的引入不影响已设计好的状态观测器的特征值;

C. 完全能控系统能够实现系统状态重构；

D. 完全能观系统能够实现系统状态重构；

4.下列带有状态观测器的二阶状态反馈系统正确的是（ ）

A. 观测器极点$-2 \pm j3$，反馈系统极点$-10 \pm j5$ ；

B. 观测器极点$-10 \pm j3$ ，反馈系统极点$-10 \pm j5$ ；

C. 观测器极点$-10 \pm j3$ ，反馈系统极点$-2 \pm j5$ ；

D. 观测器极点$-2 \pm j3$ ，反馈系统极点$-2 \pm j5$ ；

解析：状态观测器极点距虚轴的距离要比反馈系统极点距虚轴的距离大五倍及以上。

5.下列关于反馈控制描述正确的是（ ）

A. 状态反馈能实现的,输出反馈一定能够实现；

B. 状态反馈控制性能通常优于输出反馈控制；

C. 输出反馈控制性能通常优于状态反馈控制；

D. 输出反馈控制与状态反馈控制性能是一样的；

6. 以下关于状态反馈控制描述正确的是（ ）

A. 直接状态反馈系统的性能优于带有全维状态观测器的状态反馈系统；

B. 带有全维状态观测器的状态反馈系统性能优于带有降维状态观测的状态反馈系统；

C. 带有降维状态观测器的状态反馈系统性能优于直接状态反馈系统；

D. 带有全维状态观测器的状态反馈系统性能优于直接状态反馈系统；

7.以下对不完全能控系统描述错误的是( )

A. 不完全能控系统可分解为能控子系统和不能控子系统；

B. 能控子系统和不能控子系统的特征根是相互独立的；

C. 状态反馈不能改变不完全能控系统的特征根；

D. 引入状态反馈后，不能控子系统的系统矩阵与状态反馈矩阵无关；

8. 对于单输入线性定常系统：

$$\dot{x}=\begin{bmatrix}3 & 1 & 0 & 0\\0 & 3 & 0 & 0\\0 & 0 & -1 & 0\\0 & 0 & 0 & -1\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\1\\1\\1\end{bmatrix}u$$

通过状态反馈控制，下列那组极点是可配置的（ ）

A. $\lambda_1^*=-1$，$\lambda_2^*=-1$，$\lambda_3^*=-1$ ，$\lambda_4^*=-1$ ；

B. $\lambda_1^*=-2$，$\lambda_2^*=-2$，$\lambda_3^*=-2$ ，$\lambda_4^*=-2$ ；

C. $\lambda_1^*=-3$，$\lambda_2^*=-3$，$\lambda_3^*=-3$ ，$\lambda_4^*=-3$ ；

D. $\lambda_1^*=-1$，$\lambda_2^*=-2$，$\lambda_3^*=-3$ ，$\lambda_4^*=-4$ ；

解析：完全能控子系统：$\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\\dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}3 & 1\\0 & 3\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\x_2\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}u$， 不完全能控子系统：$\begin{bmatrix}\dot{x}_3\\\dot{x}_4\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-1 & 0\\0 & -1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_3\\x_4\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1\\1\end{bmatrix}u$

对不完全能控子系统，$\mathrm{rank}M_{34}=[B_{34}\quad A_{34}B_{34}]=rank\begin{bmatrix}1 & -1\\1 & -1\end{bmatrix}=1$

即$\lambda_{1,2}=3$，$\lambda_3=-1$是可控的，$\lambda_4=-1$是不可控的。故有：A、D组极点是可配置的。

9. 给定线性定常系统：

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u \qquad y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} x$$

构造一个状态观测器，使得使得状态观测器的极点为$-10 \pm j2$ 的输出反馈增益矩阵为（ ）

A. G= $[109 \quad 22]$

B. G= $\begin{bmatrix} 109 \\ 22 \end{bmatrix}$

C. G= $[87 \quad -65]$

D. G= $\begin{bmatrix} 87 \\ -65 \end{bmatrix}$

解析：$\mathrm{N} = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 4 & 3 \end{bmatrix}$ ，$rankN = 2$，故系统完全能观，可实现状态观测器的极点任意配置。

受控系统的对偶系统为：$\dot{\bar{x}} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \bar{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u$

对偶系统的特征多项式为：$\det(sI - \bar{A}) = \begin{vmatrix} s-1 & -3 \\ -2 & s-1 \end{vmatrix} = s^2 - 2s - 5$

状态观测器期望的特征多项式为：$(s + 10 - j2)(s + 10 + j2) = s^2 + 20s + 104$

能控标准I型下的对偶系统状态反馈矩阵为：$\bar{K} = [109 \quad 22]$

对偶系统能控标准I型的变换矩阵为：$T = \begin{bmatrix} 4 & 1 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$

$$K = \bar{K}T^{-1} = [109 \quad 22] \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = [87 \quad -65]$$

$$G = K^T = \begin{bmatrix} 87 \\ -65 \end{bmatrix}$$

**10.判断如下系统是否可通过状态反馈和输入变换实现解耦控制：**

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} u \qquad y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} x$$

**A. 是**　　　　**B. 否**

**解析：**$C_1 A^0 B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \neq 0$，**故**$d_1 = 0$

$$C_2 A^0 B = \begin{bmatrix} 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 \end{bmatrix} \neq 0，\text{故} d_2 = 0$$

$$E = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 A^{d_1} B \\ C_2 A^{d_2} B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}, \quad |E| \neq 0$$

**故系统可实现解耦控制。**