现代控制理论 课程 期末 试卷 B 考试形式 闭 卷

考试用时 2 小时，本试卷共 3 页，另请加答题纸___张，草稿纸 2 张。

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	总分	合分人
得分											

一、填空题（每空 1 分，共 10 分）

得分	评分人

1、标准 I 型反馈形式为 ___状态反馈___。

2、状态空间表达式包括 ___状态方程___ 和输出方程。

3、系统响应包含零状态响应与 ___零输入响应___ 两部分。

4、线性变换的不变性是指：___不改变系统的特征值___。

5、能控性是指 ___输入量___ 对状态变量的制约能力。

6、任何状态不完全能观的线性定常连续系统，总可以分解成完全能观子系统和 ___完全不能观___ 子系统两部分。

7、李亚普诺夫第一方法是通过判定 ___特征方程___ 特征值实部的符号来判定系统的稳定性。

8、对偶系统的系统矩阵 A 为 ___转置___ 关系。

9、在系统综合中，采用 ___状态___ 反馈，改变了原状态方程，而输出方程不变。

10、受控对象采用反馈至输入矩阵 B 后端的综合方法，可以任意配置闭环极点的充分必要条件：___系统是完全能控的___。

二、简答题（每题 5 分，共 10 分）

得分	评分人

1、写出变量梯度法判定稳定性的步骤。

2、写出约旦标准型变换步骤。

三、已知系统传递函数为

得分	评分人

$$Y(s)/U(s) = \frac{s+1}{s(s+2)(s+3)}$$

1、写出系统能控标准型状态空间表达式；画出结构图。（8 分）

2、写出并联型状态空间表达式。（7 分）

1.能控但不完全能观的并联型状态空间表达式，画结构图。

不完全能控但能观的并联型状态空间表达式，画结构图

2.能控但不完全能观的串联型的状态空间表达式

不完全能控但能观的串联型的状态空间表达式

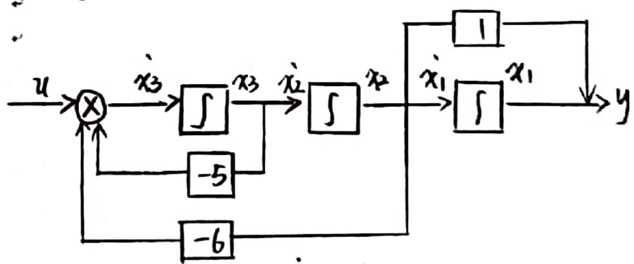
· 写成多项式

· 画出完全能控的结构图 [写出完全能控的状态空间表达式]

1. $\frac{Y(s)}{u(s)} = \frac{s+1}{s^3+5s^2+6s}$

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -6 & -5 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} u$$

$$y = (1\ 1\ 0)x$$



$\dot{x}_1 = x_2$

$\dot{x}_2 = x_3$

$\dot{x}_3 = -6x_2 - 5x_3 + u$

$y = x_1 + x_2$

2. 约当型并联型：

$$\frac{Y(s)}{u(s)} = \frac{\frac{1}{6}}{s} + \frac{\frac{1}{2}}{s+2} + \frac{-\frac{2}{3}}{s+3}$$

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} u$$

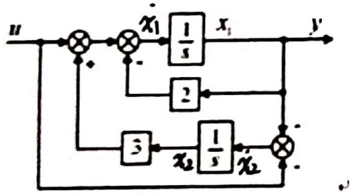
$$y = (\tfrac{1}{6}\ \ \tfrac{1}{2}\ \ -\tfrac{2}{3})x$$

五、设某控制系统的模拟结构图如下，

1、求传递函数。

2、试判断系统能控性、能观性。（10分）

得分	评分人



$\dot{x} = \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} u$

$y = (1 \quad 0) x$

1. $\frac{Y(s)}{U(s)} = C(SI-A)^{-1}B$

$(SI-A)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{s}{s^2+2s+3} & \frac{s}{s^2+2s+3} \\ \frac{-1}{s^2+2s+3} & \frac{s+2}{s^2+2s+3} \end{pmatrix}$

$C(SI-A)^{-1}B = \frac{s-3}{s^2+2s+3}$

2、能控性：

$(SI-A)^{-1}B = \frac{1}{s^2+2s+3} \cdot \begin{pmatrix} s-3 \\ -s-3 \end{pmatrix}$

$(SI-A)^{-1}B$ 中行向量线性无关

∴ 可控

能观性：$C(SI-A)^{-1} = \frac{1}{s^2+2s+3}(s \quad 3)$

$C(SI-A)^{-1}$ 中列向量线性无关

∴ 可观

六、已知单位反馈系统的状态空间表达式为

得分	评分人

$\dot{x} = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} u; y = [1 \quad 0 \quad 1] x$。

1、求系统的传递函数；（5分）

2、判定系统稳定性并判定是否状态反馈可镇定。（5分）

解：1. $\frac{Y(s)}{U(s)} = C(SI-A)^{-1}B$

$(SI-A)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{s-2} & \frac{1}{(s-2)^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{s-2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{s+3} \end{pmatrix}$

∴ $\frac{Y(s)}{F(s)} = C(SI-A)^{-1}B = \frac{2s^2-s+4}{(s-2)^2(s+3)}$

2. $|\lambda I - A| = \begin{vmatrix} \lambda-2 & -1 & 0 \\ 0 & \lambda-2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda+3 \end{vmatrix} = 0$

$\Rightarrow (\lambda-2)^2(\lambda+3) = 0$

$\Rightarrow \lambda_1 = \lambda_2 = 2, \lambda_3 = -3$

系统不是渐近稳定的

$M = (b \quad Ab \quad A^2b)$

$= \begin{pmatrix} 1 & 4 & 12 \\ 2 & 4 & 8 \\ 1 & -3 & 9 \end{pmatrix}$

$rank M = 3$ 满秩，系统完全可控

∴ 可以采用状态反馈将零极点配置在坐标左侧使系统闭环镇定。

得分	评分人

四、已知线性定常系统的状态方程为

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

求初始状态 $x^T(0)=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}^T$ 时，~~系统在 $u(t)=\sin t$ 作用下~~的输出 $y(t)$。（15 分）

阶跃

七、已知非线性系统 $\begin{cases}\dot{x}_1=-x_1+x_2\\ \dot{x}_2=-2\sin x_1-a_1x_2\end{cases}$

试求系统的平衡点，并求系统大范围渐近稳定的 a_1 的范围。（10分）

得分	评分人

解 $\begin{cases}\dot{x}_1=-x_1+x_2=0\\ \dot{x}_2=-2\sin x_1-a_1x_2=0\end{cases} \Rightarrow x_e=\begin{pmatrix}0\\0\end{pmatrix}$

$V(x)=x_1^2+x_2^2$ 正定

$\dot{V}(x)=2x_1\dot{x}_1+2x_2\dot{x}_2$

$=2x_1(-x_1+x_2)+2x_2(-2\sin x_1-a_1x_2)$

$=-2x_1^2+2x_1x_2-4\sin x_1\cdot x_2-2a_1x_2^2$

$=2x_1x_2-4\sin x_1\cdot x_2-2x_1^2-2a_1x_2^2$

$=-2x_1x_2-2x_1^2-2a_1x_2^2$ 负定

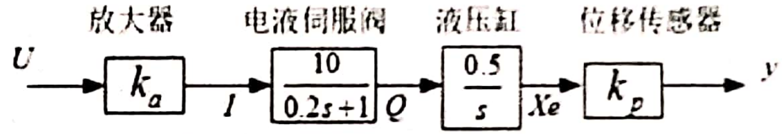
$\therefore a_1>0$

八、已知控制系统如图所示，图中 $k_a=k_p=2$；

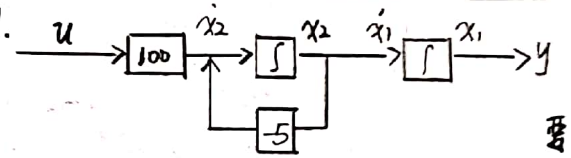
得分	评分人

1、设计全维状态观测器，极点配置为 $\lambda_1=\lambda_2=-20$；（10分）

2、利用状态反馈使系统 $\zeta=0.707$，$\omega_n=5rad/s$。（10分）



解：1.



$\therefore G=\begin{pmatrix}35\\225\end{pmatrix}$

$\dot{x}_1=x_2$

$\dot{x}_2=-5x_2+100u$

$\dot{x}=\begin{pmatrix}0&1\\0&-5\end{pmatrix}x+\begin{pmatrix}0\\100\end{pmatrix}u$

$y=(1\ \ 0)x$

要设计的全维状态观测器

$\dot{\tilde{x}}=\begin{pmatrix}-35&1\\-225&-5\end{pmatrix}\tilde{x}+\begin{pmatrix}0\\100\end{pmatrix}u+\begin{pmatrix}35\\225\end{pmatrix}y$

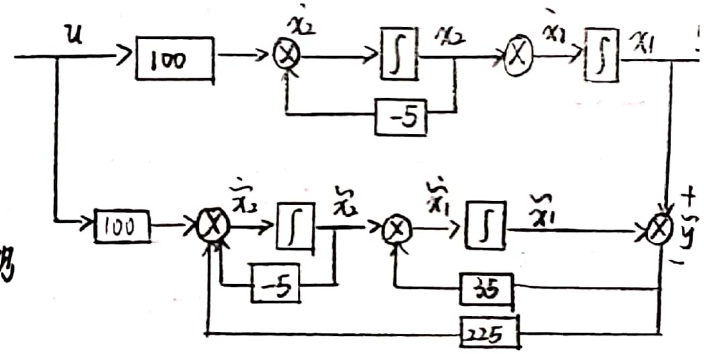
$\tilde{y}=(1\ \ 0)\tilde{x}$

1° 判断是否能观

$N=\begin{pmatrix}C\\CA\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1&0\\0&1\end{pmatrix}$

$rank\,N=2$ 满秩 系统能观

$\therefore$ 可以设计状态观测器



2° $A-GC=\begin{pmatrix}-g_1&1\\-g_2&-5\end{pmatrix}$

$|sI-(A-GC)|=(s+20)^2$

$\Rightarrow s^2+(5+g_1)s+5g_1+g_2=s^2+40s+400$

$\Rightarrow g_1=35,\ g_2=225$