主管领导审核签字

哈尔滨工业大学 2014 学年 秋 季学期

自动控制原理II 试 题

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分	10	10	6	8	6	10					
阅卷人											

姓名　学号　院系　密　封

一、填空题(10 分)

1. 传递函数定义：零初始状态下输出量与输入量的拉氏变换之比

2. 从相位考虑，PD 调节器是一种________校正装置，PI 调节器是________校正装置。

3. 某系统在单位脉冲输入信号 $\delta(t)$ 作用下的响应函数为 $g(t)=10e^{-0.2t}+5e^{-0.5t}$，此系统的传递函数为 $\frac{10}{s+0.2}+\frac{5}{s+05}$。

$G(s)=\frac{10}{s+0.2}+\frac{5}{s+05}$

4. 已知单位负反馈系统的开环传函为 $G(s)=\dfrac{50}{s(0.1s+1)(s+5)}$，则该系统在单位斜坡信号作用下的稳态误差为 0.1。

$u(t)=t,\ A=1$

$v=1,\ K_v=\lim_{s\to0}sG(s)=10$

阶跃、斜坡、抛物线
1　t　$\frac{1}{2}t^2$

5. 某单位反馈系统开环传函为 $\dfrac{4}{(s+1)^3}$，则此系统的幅值裕度为________。

6. 一系统的单位为阶跃响应为 $1-e^{-\frac{t}{10}}$，则该系统的单位脉冲响应为 $0.1e^{-\frac{t}{10}}$。

$\frac{d}{dt}(1-e^{-\frac{t}{10}})$

7. 一系统传递函数为 $G(s)=\dfrac{10}{3s+1}$，当输入信号为 $r(t)=\sin 2t$ 时，则该系统的稳态输出响应为 $1.64\sin(2t-80.5^\circ)$。

$\omega=2$

$G(j2)=\frac{10}{1+j6},\ |G(j2)|=1.64,\ \angle G(j2)=-80.5^\circ$

8. 已知超前校正装置的传递函数为 $G_c(s)=\dfrac{2s+1}{0.32s+1}$，其提供的最大超前相角为 ϕ_m=________，最大超前角所对应的频率 $\omega_m=$________。

9. 一高阶系统的传函为 $G(s)=\dfrac{5.6}{(s+8)(s+5)(s^2+s+1)}$，该系统降阶化简后的传函为 $\frac{0.14}{s^2+s+1}$。

$=\frac{0.14}{(\frac{s}{8}+1)(\frac{s}{5}+1)(s^2+s+1)}$

系统化简应保持开环增益不变

10. 设一阶系统的传递 $G(s)=\dfrac{7}{s+2}$，其阶跃响应曲线在 $t=0$ 处的切线斜率为 7。

$=\frac{3.5}{\frac{1}{2}s+1}$

系统辨识 $\frac{A}{Ts+1}$

$y(t)=3.5(1-e^{-2t})$

$y'(t)=7e^{-2t}$

$y'(0)=7$

二、（10 分）系统结构图如图所示：

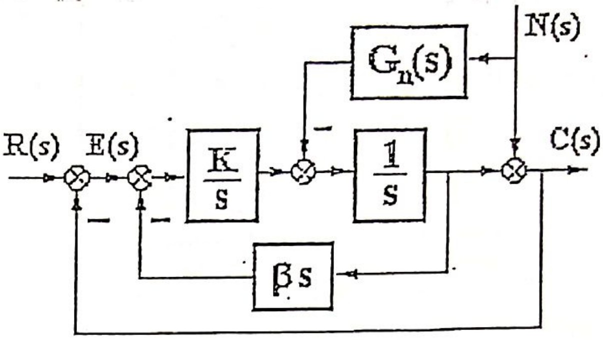
1、写出闭环传递函数 $\Phi(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}$ 表达式；

2、要使系统满足：$\xi=0.707$，$\omega_n=2$，试确定相应的 K 和 β；

3、求此时系统的动态性能指标 $\sigma\%$，t_s；

4、$r(t)=2t$ 时，求系统由 $r(t)$ 产生的稳态误差 e_{ss}；

5、确定 $G_n(s)$，使干扰 $n(t)$ 对系统输出 $c(t)$ 无影响。



解：(1) $G=\dfrac{K}{s^2}$，$H=1+\beta s$ 负

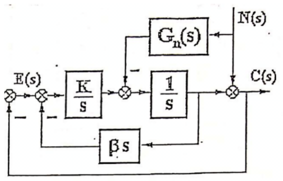
$\Rightarrow \Phi(s)=\dfrac{G}{1+GH}=\dfrac{K}{s^2+K\beta s+K}$

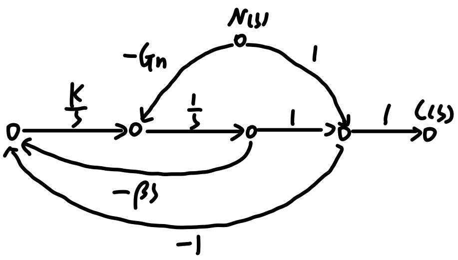
(2) $K\beta=2\xi\omega_n$，$K=\omega_n^2 \Rightarrow \begin{cases} K=4 \\ \beta=0.707 \end{cases}$

(3) $\omega_d=\omega_n\sqrt{1-\xi^2}=\sqrt{2}$　　$t_p=\dfrac{\pi}{\omega_d}=2.22$，$\sigma\%=e^{-\xi\omega_n t_p}\times 100\%=4.33\%$，$t_s(2\%)=\dfrac{4}{\xi\omega_n}=2.83s$

(4) 开环传递函数 $G(s)H(s)=\dfrac{\frac{K}{s^2}}{1+\frac{K}{s^2}\cdot\beta s}=\dfrac{K}{s(s+K\beta)}$ 为Ⅰ型系统，$K_v=\lim\limits_{s\to 0}sG(s)H(s)=\dfrac{1}{\beta}$，$e_{ss}=\dfrac{A}{K_v}=A\beta=1.414$

(5) $R(s)=0$ 分析 $N(s)$.





回路：$L_1=-\dfrac{\beta K}{s}$，$L_2=-\dfrac{K}{s^2}$

$\Delta=1-L_1-L_2=1+\dfrac{\beta K}{s}+\dfrac{K}{s^2}$

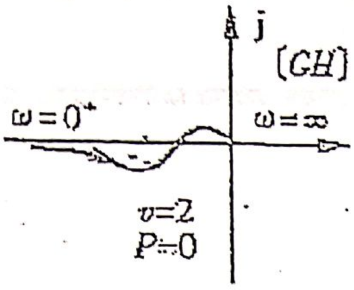
前向通路 $P_1=1$，$\Delta_1=1-L_1=1+\dfrac{\beta K}{s}$

$P_2=-\dfrac{G_n}{s}$，$\Delta_2=1$

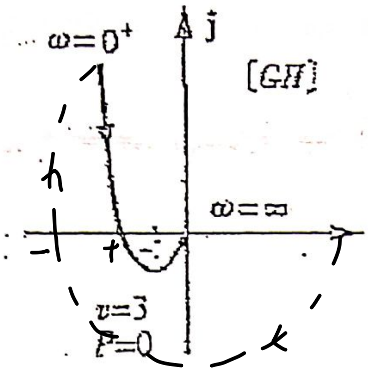
$\dfrac{C(s)}{N(s)}=\dfrac{P_1\Delta_1+P_2\Delta_2}{\Delta}=\dfrac{s^2+\beta K s-G_n s}{s^2+\beta K s+K}=0$

$\Rightarrow G_n(s)=s+\beta K$

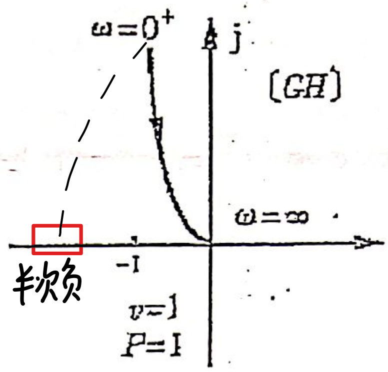
三、（6分）系统的开环奈氏图如下图所示，P 为开环传递函数在 s 右半平面的极点数，ν 为系统的型别，判别系统的闭环稳定性，求出闭环系统在 s 右半平面的极点数。



(1)



(2)



(3)

$N^+ = N^- = 0$

$Z = P - 2N = 0$

稳定

起始或终止于-180°才能算半次穿越

这种中途经过(接近)而不越过的不算

$N^- = 1,\ N^+ = 1$

$N = N^+ - N^- = 0$

$Z = P - 2N = 0$ 稳定

$N^+ = 0,\ N^- = \frac{1}{2}$

$N = N^+ - N^- = -\frac{1}{2}$

$Z = P - 2N = 1 + 1 = 2$

不稳定

姓名

学号

院系

密

封

四、（8 分）已知某单位反馈系统的开环传递函数为$G(s)=\dfrac{K_g}{s(s+3)^2}$：

（1）绘制该系统以根轨迹增益 K_g 为变量的根轨迹（求出：渐近线、分离点、与虚轴的交点等）；

（2）确定使系统为欠阻尼状态的开环增益 K 的取值范围。

解：$G(s)=\dfrac{k_g}{s(s+3)^2}$，$n=3,\ p_1=0,\ p_2=p_3=-3$，$m=0,\ n-m=3,\ v=1$，$D(s)=s^3+6s^2+9s+k_g$

实轴上根轨迹：$(-\infty,0]$

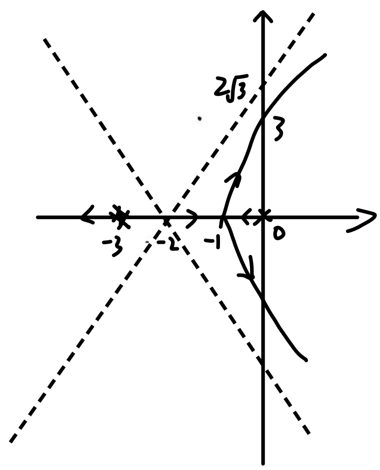
渐近线：$\sigma=\dfrac{0-3-3}{n-m}=-2,\ \varphi=\dfrac{(2k+1)\pi}{n-m}=\pm60°,180°$

分离点：$\dfrac{d}{ds}D(s)=3s^2+12s+9=0 \Rightarrow d_1=-1,\ K_{gd_1}=4$

$d_2=-3,\ K_{gd_2}=0$

与虚轴交点：$D(j\omega)=-j\omega^3-6\omega^2+9j\omega+k_g=0$

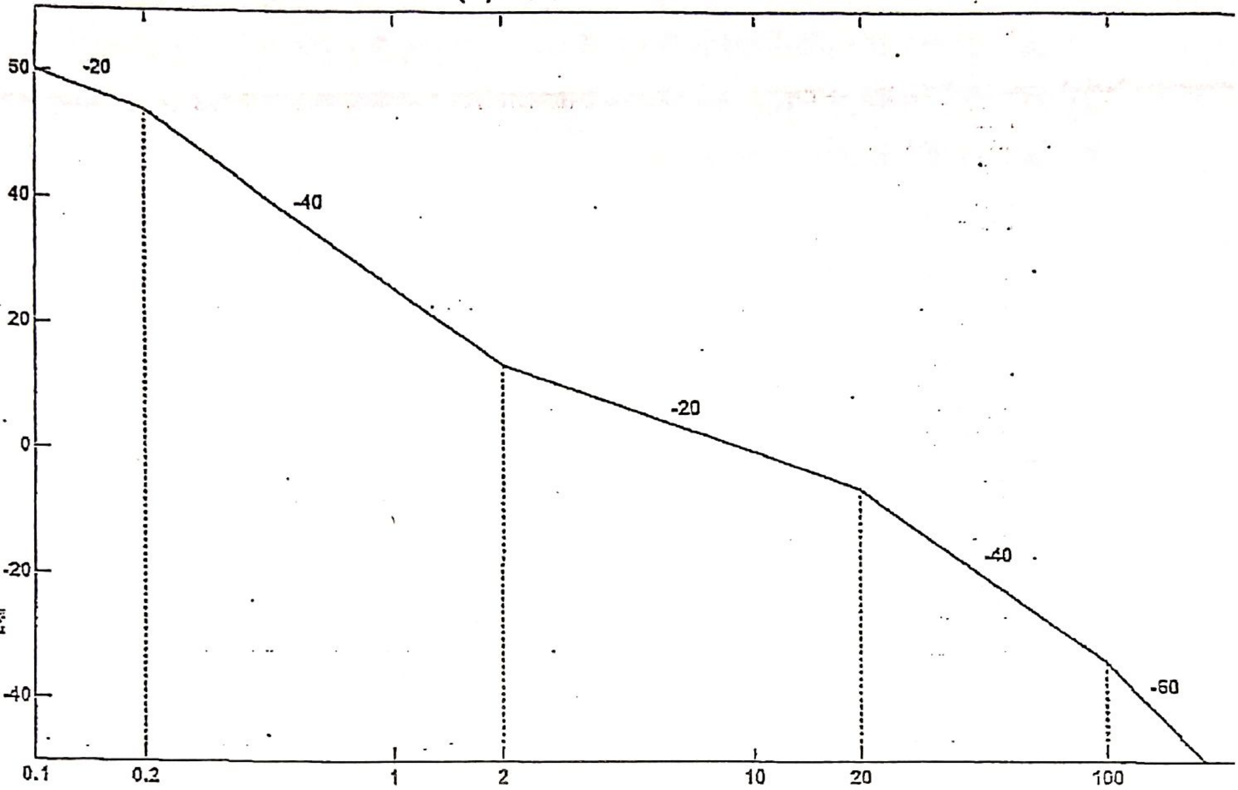
$$\Rightarrow\begin{cases}-\omega^3+9\omega=0\\ k_g-6\omega^2=0\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}\omega=0\\ k_g=0\end{cases},\ \begin{cases}\omega=3\\ k_g=54\end{cases}$$



(2) $4<k_g<54$

$\dfrac{4}{9}<K<6$

五、（6 分）已知某负反馈系统的开环传递函数为 $G_0(s)=\dfrac{K}{s(0.1s+1)(s+20)}$，采用串联校正，校正以后的开环幅频特性曲线 $L(\omega)$ 如图所示



试求：1) 在原图上绘制所需校正装置的伯德图，求出此装置的传递函数，并说明该装置的类型；

2) 校正后的开环传递函数；

3) 校正后系统的相角裕度。

2) 转折频率 $\begin{cases} 0.2\,rad/s & -20dB/dec \\ 2\,rad/s & +20dB/dec \\ 20\,rad/s & -20dB/dec \\ 100\,rad/s & -20dB/dec \end{cases}$

$$G(s)=\frac{K(\frac{s}{2}+1)}{s(\frac{s}{0.2}+1)(\frac{s}{20}+1)(\frac{s}{100}+1)}$$

求基准线在 $w=1$ 处的 $L(1)=20\lg K=30 \Rightarrow K=10\sqrt{10}$

$$\Rightarrow G(s)=\frac{10\sqrt{10}(\frac{s}{2}+1)}{s(\frac{s}{0.2}+1)(\frac{s}{20}+1)(\frac{s}{100}+1)}$$

姓名 学号 院系 密 封

六、(10 分) 已知：设受控系统的动态方程为：$\ddot{y}+\dot{y}=u$

试求：1）建立系统状态空间表达式；

2）判断系统可控性与可观测性；

3）设计状态反馈控制器使闭环系统满足：$\sigma_p \le 5\%$ 且 $t_s \le 4.5(s)$（$\Delta=5\%$）；

4）引入状态反馈后系统的闭环传递函数。

5）画出该状态反馈系统状态变量图

1）设状态变量 $x_1=y$，$x_2=\dot{y}$

$\dot{x}=\begin{bmatrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ 0 & -1\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u$

$y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$