2016-2017 学年第一学期《控制工程基础》课内考试卷

（A 卷）答案

一、填空（共 25 分，每空格 1 分）

1、经典控制理论以___传递___函数为基础，研究单输入单输出控制系统的分析与设计。

2、控制系统品质指标的基本要求是_快速性_、__稳定性__和__准确性__。

3、典型的反馈控制系统由给定元件、__比较元件__、__放大元件__、__执行元件__、__反馈元件__、校正元件六个部分组成。

4、某系统的传递函数为 G(s)= $\dfrac{(s+2)}{(s+6)}$，其零点是__−2__，极点是__−6__。

5、在二阶系统中引入 PD 控制的目的是使系统的阻尼系数___增加___（增加或减小）。

6、闭环控制系统的稳定性判别其代数判据有__劳斯判据__、_赫尔维茨判据_，频域判据有__奈氏判据____等。

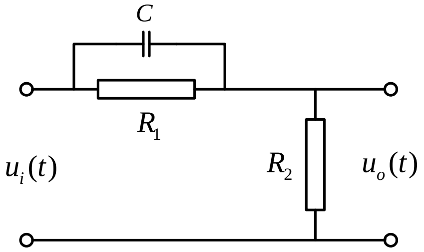
7、某医生用一时间常数为 1 分钟的温度计测一感冒患者的体温, 测量 3 分钟时该患者私自取出温度计，该温度计指示温度为 38 度, 问该患者的实际体温为__40__度。

8、线性系统稳定的充分必要条件是闭环传递函数的极点均严格位于 s __左__半平面。

9、减小和消除稳态误差方法有：提高系统的开环_增益_，增加开环传递函数中_积分环节；已知某单位反馈系统闭环传递函数为$\Phi(s)=\dfrac{25}{s^2+4s+25}$，则闭环系统的阻尼比为__5___，自然频率___0.4___；当输入为单位阶跃函数时，其最大超调量为25.38%___，调节时间为___2___。（公式：$\sigma\%=e^{-\frac{\varsigma\pi}{\sqrt{1-\varsigma^2}}}\times100\%$；$t_s=\dfrac{4}{\varsigma\omega_n}$）

10、某单位反馈的开环传递函数为$G(s)=\dfrac{100}{(0.1s+1)(s+10)}$，其闭环系统响应单位阶跃函数、单位斜坡函数和单位加速度函数时的稳态误差分别为__1/11__、__∞__、__∞__。

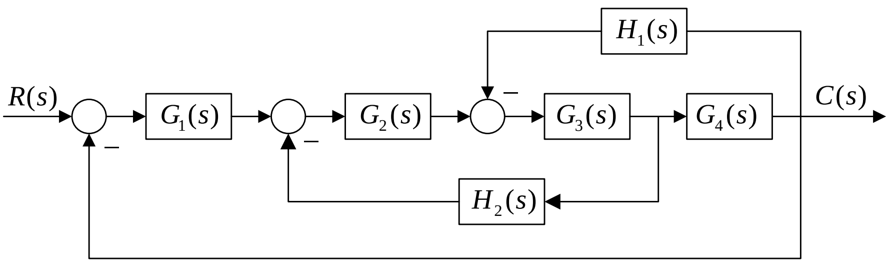
二、图一是 R-C 网络的结构原理图，其中，R_1 和 R_2 为电阻，C 为电容, 试求：以 $U_i(s)$ 为输入，负载 R_2 的端电压 $U_o(s)$ 为输出的传递函数。



图一

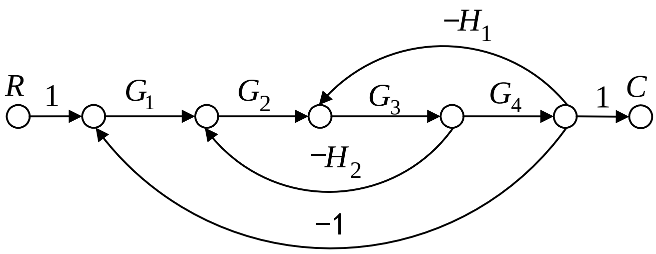
$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)}=\frac{R_2}{R_2+\dfrac{R_1\dfrac{1}{C_1s}}{R_1+\dfrac{1}{C_1s}}}=\frac{R_1R_2C_1s+R_2}{R_1R_2C_1s+R_2+R_1}$$

三、求图二所示系统的传递函数$C(s)/R(s)$。



图二

解：



$P_1=G_1G_2G_3G_4$

$L_1=-G_2G_3H_2$

$L_2=-G_3G_4H_1$

$L_3=-G_1G_2G_3G_4$

$$P=\frac{G_1G_2G_3G_4}{1+G_2G_3H_2+G_3G_4H_1+G_1G_2G_3G_4}$$

四、已知单位负反馈系统开环传递函数为

$$G(s)=\frac{K}{s(0.2s+1)(0.5s+1)}$$

1、试绘制根轨迹；（8 分）

2、确定系统临界阻尼比（$\xi=1$）对应的增益K；（4 分）

3、利用根轨迹，确定系统闭环稳定的K值范围；（6 分）

4、求$\xi=1$时闭环系统单位斜坡响应的稳态误差。（6 分）

解：$P_{1,2,3}=0,-2,-5$ (4分)

$n=3$
$m=0$
$n-m=3$

$$\sigma_a=\frac{\sum_{i=1}^{n}P_i-\sum_{i=1}^{m}Z_i}{n-m}=\frac{-2-5}{3}=\frac{-7}{3}$$

$$\varphi_a=\frac{(2k+1)\pi}{n-m} \quad k=0,1,2$$

$$\varphi_a=\frac{\pi}{3},\pi,\frac{5\pi}{3}$$

（1）分离点 （4 分）

$$\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{d-z_j}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{d-p_i}$$

$$\frac{1}{d-\infty}=\frac{1}{d}+\frac{1}{d+2}+\frac{1}{d+5}\Rightarrow d=\text{-3.7863，-0.8804}$$

$d=$-3.7863（舍去）
K=0.4061

（2）特征方程 $s^3+7s^2+10s+k^*=0$ （6 分）

s^3 1 10

s^2 7 k*

s^1 $\frac{70-k^*}{7}$

s^0 k*

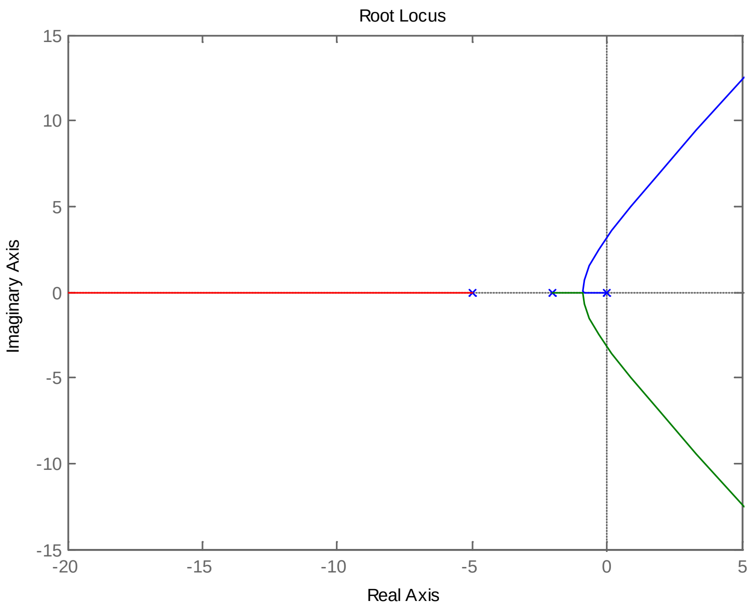
由 $\frac{70-k^*}{7}=0\Rightarrow k^*=70\Rightarrow k=7$

所以，当 $0<k<7$ 时，系统稳定。

根据辅助方程 $7s^2+k^*=0$

可得系统与虚轴交点为 $s=\pm\sqrt{10}j$

（3） （4 分）



（4）求$\xi=1$时闭环系统单位斜坡响应的稳态误差。（6 分）

当$\xi=1$时，K=0.4061

单位斜坡函数的拉氏变换 $R(s)=\dfrac{1}{s^2}$

$$e_{ss}=\lim_{s\to 0}s\cdot E(s)=\lim_{s\to 0}s\cdot\frac{1/s^2}{1+\dfrac{0.4061}{s(0.2s+1)(0.5s+1)}}=2.4626$$

五、图三是某一控制系统的开环 Nyquist 曲线，已知其开环传递函数在 s 右半平面中正的极点个数 P=0，试

1）分析对应控制系统的闭环稳定性；（5 分）

2）试分析系统开环增益是图三对应系统的$\dfrac{1}{3}$时，闭环系统的稳定性。（5 分）

解：

1）分析对应控制系统的闭环稳定性；（5 分）

Z=P-2R=P-2(R_+-R_-)

P=0

R_+=0

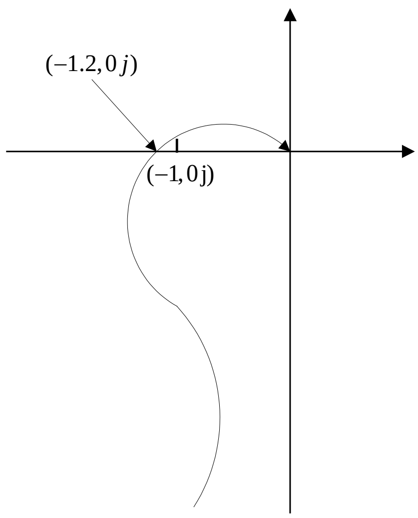
R_-=1

Z=P-2R=P-2(R_+-R_-)=0-2(-1)=2≠0

所以系统闭环不稳定

2）试分析系统开环增益是图三对应系统的$\dfrac{1}{3}$时，闭环系统的稳定性。（5 分）

$A(\omega_x)=K\tilde{A}(\omega_x)=1.2$



图三

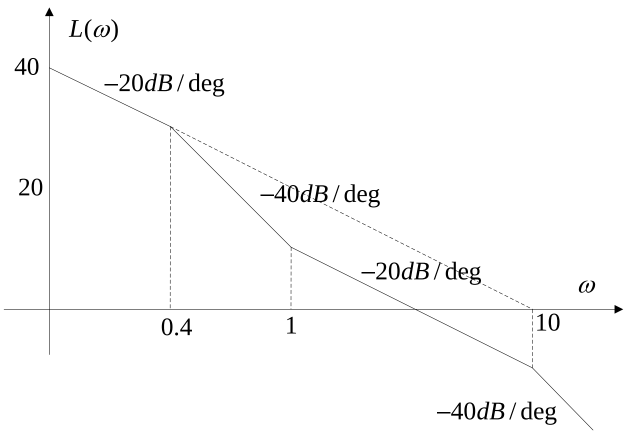
当系统开环增益变为 K/3，由于 $\tilde{A}(\omega_x)$ 值不变

则

$$A_1(\omega_x)=\frac{K}{3}\tilde{A}(\omega_x)=1.2/3=0.4$$

Z=P-2R=P-2(R_+-R_-)
P=0
R_+=0
R_-=0
Z=P-2R=P-2(R_+-R_-)=0
所以系统稳定。

六、已知最小相位系统的对数幅频渐近特性曲线如图四所示，试确定系统的传递函数。



图四

解：由给定条件确定传递函数参数，低频渐近线的方程为

$$L_a(\omega)=20\lg\frac{K}{\omega^{v}}=20\lg K-20v\lg\omega$$

由给定点（ω，$L_a(\omega)$）=（10，0）及-20$v=-20$得

$v=1$

$K=10$

在给定点$\omega_1=0.4$处，斜率下降 20dB，对应惯性环节$\dfrac{1}{\frac{1}{0.4}s+1}$

在给定点$\omega_2=1$处，斜率上升 20dB，对应一阶微分环节$s+1$

在给定点$\omega_3=10$处，斜率下降 20dB，对应惯性环节$\dfrac{1}{\frac{1}{10}s+1}$

则系统的传递函数为：

$$G(s)=\frac{10(s+1)}{s(0.1s+1)(2.5s+1)}$$ （6 分）