参考答案及评分标准

一、单项选择题（每小题 1 分，共 20 分）

1. 系统和输入已知，求输出并对动态特性进行研究，称为（ C ）

A.系统综合　B.系统辨识　C.系统分析　D.系统设计

2. 惯性环节和积分环节的频率特性在（ A ）上相等。

A.幅频特性的斜率　B.最小幅值　C.相位变化率　D.穿越频率

3. 通过测量输出量，产生一个与输出信号存在确定函数比例关系值的元件称为（ C ）

A.比较元件　B.给定元件　C.反馈元件　D.放大元件

4. ω 从 0 变化到 +∞时，延迟环节频率特性极坐标图为（ A ）

A.圆　B.半圆　C.椭圆　D.双曲线

5. 当忽略电动机的电枢电感后，以电动机的转速为输出变量，电枢电压为输入变量时，电动机可看作一个（ B ）

A.比例环节　B.微分环节　C.积分环节　D.惯性环节

6. 若系统的开环传递函数为 $\dfrac{10}{s(5s+2)}$，则它的开环增益为（ C ）

A.1　B.2　C.5　D.10

7. 二阶系统的传递函数 $G(s)=\dfrac{5}{s^2+2s+5}$，则该系统是（ B ）

A.临界阻尼系统　B.欠阻尼系统　C.过阻尼系统　D.零阻尼系统

8. 若保持二阶系统的 ζ不变，提高 ω_n，则可以（ B ）

A.提高上升时间和峰值时间　B.减少上升时间和峰值时间

C.提高上升时间和调整时间　D.减少上升时间和超调量

9. 一阶微分环节 $G(s)=1+Ts$，当频率 $\omega=\dfrac{1}{T}$ 时，则相频特性 $\angle G(j\omega)$ 为（ A ）

A.45°　B.-45°　C.90°　D.-90°

10.最小相位系统的开环增益越大，其（ D ）

A.振荡次数越多　B.稳定裕量越大

C.相位变化越小　D.稳态误差越小

11.设系统的特征方程为 $D(s)=s^4+8s^3+17s^2+16s+5=0$，则此系统（ A ）

A.稳定　B.临界稳定　C.不稳定　D.稳定性不确定。

12.某单位反馈系统的开环传递函数为： $G(s)=\dfrac{k}{s(s+1)(s+5)}$，当 k=（ C ）时，闭环系统临界稳定。

A.10　B.20　C.30　D.40

13.设系统的特征方程为 $D(s)=3s^4+10s^3+5s^2+s+2=0$，则此系统中包含正实部特征的个数有（ C ）

A.0　B.1　C.2　D.3

14.单位反馈系统开环传递函数为 $G(s)=\dfrac{5}{s^2+6s+s}$，当输入为单位阶跃时，则其位置误差为 （ C ）

A.2　　B.0.2　　C.0.5　　D.0.05

15.若已知某串联校正装置的传递函数为 $G_c(s)=\dfrac{s+1}{10s+1}$，则它是一种（ D ）

A. 反馈校正　　B.相位超前校正

C.相位滞后 — 超前校正　　D.相位滞后校正

16.稳态误差 e_{ss} 与误差信号 E(s)的函数关系为（ B ）

A. $e_{ss}=\lim\limits_{s\to 0}E(s)$　　B. $e_{ss}=\lim\limits_{s\to 0}sE(s)$

C. $e_{ss}=\lim\limits_{s\to \infty}E(s)$　　D. $e_{ss}=\lim\limits_{s\to \infty}sE(s)$

17.在对控制系统稳态精度无明确要求时，为提高系统的稳定性，最方便的是（ A ）

A. 减小增益　　B.超前校正　　C.滞后校正　　D.滞后 -超前

18.相位超前校正装置的奈氏曲线为（ B ）

A. 圆　　B.上半圆　　C.下半圆　　D.45 °弧线

19.开环传递函数为 $G(s)H(s)=\dfrac{K}{s^3(s+3)}$，则实轴上的根轨迹为（ C ）

A.(-3，∞)　　B.(0，∞)　　C.(-∞，-3)　　D.(-3，0)

20.在直流电动机调速系统中，霍尔传感器是用作（ B ）反馈的传感器。

A. 电压　　B.电流　　C.位移　　D.速度

二、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

1.闭环控制系统又称为 <u>反馈系统</u> 系统。

2.一线性系统，当输入是单位脉冲函数时，其输出象函数与 <u>传递函数</u> 相同。

3.一阶系统当输入为单位斜坡函数时，其响应的稳态误差恒为 <u>时间常数 T（或常量）</u>。

4.控制系统线性化过程中，线性化的精度和系统变量的 <u>偏移程度</u> 有关。

5.对于最小相位系统一般只要知道系统的 <u>开环幅频特性</u> 就可以判断其稳定性。

6.一般讲系统的位置误差指输入是 <u>阶跃信号</u> 所引起的输出位置上的误差。

7.超前校正是由于正相移的作用，使截止频率附近的 <u>相位</u> 明显上升，从而具有较大的稳定裕度。

28.二阶系统当共轭复数极点位于 <u>±45 °</u> 线上时，对应的阻尼比为 0.707。

29.PID 调节中的“ P ”指的是 <u>比例</u> 控制器。

30.若要求系统的快速性好，则闭环极点应距虚轴越 <u>远</u> 越好。

一、填空题（每空 1 分，共 15 分）

1、反馈控制又称偏差控制，其控制作用是通过 <u>给定值</u> 与反馈量的差值进行的。

2、复合控制有两种基本形式：即按 <u>输入</u> 的前馈复合控制和按 <u>扰动</u> 的前馈复合控制。

3、两个传递函数分别为 $G_1(s)$与 $G_2(s)$的环节，以并联方式连接，其等效传递函数为 $G(s)$，则 G(s)为 <u>$G_1(s)+G_2(s)$</u>（用 $G_1(s)$与 $G_2(s)$ 表示）。

4、典型二阶系统极点分布如图 1 所示，

则无阻尼自然频率 $\omega_n=\underline{\sqrt{2}}$，阻尼比 $\xi=\underline{\dfrac{\sqrt{2}}{2}=0.707}$，

该系统的特征方程为 ______S2+2S+2=0______，

该系统的单位阶跃响应曲线为 ______衰减振动______。

5、若某系统的单位脉冲响应为 $g(t)=10e^{-0.2t}+5e^{-0.5t}$，

则该系统的传递函数 G(s)为 $\underline{\dfrac{10}{s+0.2s}+\dfrac{5}{s+0.5s}}$。

6、根轨迹起始于 ______开环极点______，终止于 ______开环零点______。

7、设某最小相位系统的相频特性为 $\varphi(\omega)=tg^{-1}(\tau\omega)-90^0-tg^{-1}(T\omega)$，则该系统的开环传递函数

为 $\underline{\dfrac{K(\tau s+1)}{s(Ts+1)}}$。

8、PI 控制器的输入－输出关系的时域表达式是 $\underline{u(t)=K_p[e(t)+\dfrac{1}{T}\int e(t)dt]}$，其相应的传递函数为

$\underline{K_p[1+\dfrac{1}{Ts}]}$，由于积分环节的引入，可以改善系统的稳态 _____性能。

二、选择题（每题 2 分，共 20 分）

1、采用负反馈形式连接后，则 (D)

A、一定能使闭环系统稳定； B、系统动态性能一定会提高；

C、一定能使干扰引起的误差逐渐减小，最后完全消除；

D、需要调整系统的结构参数，才能改善系统性能。

2、下列哪种措施对提高系统的稳定性没有效果 (A)。

A、增加开环极点； B 、在积分环节外加单位负反馈；

C、增加开环零点； D 、引入串联超前校正装置。

3、系统特征方程为 $D(s)=s^3+2s^2+3s+6=0$，则系统 (C)

A、稳定； B 、单位阶跃响应曲线为单调指数上升；

C、临界稳定； D 、右半平面闭环极点数 $Z=2$。

4、系统在 $r(t)=t^2$ 作用下的稳态误差 $e_{ss}=\infty$，说明 (A)

A、 型别 $v<2$； B 、系统不稳定；

C、 输入幅值过大； D 、闭环传递函数中有一个积分环节。

5、对于以下情况应绘制 0° 根轨迹的是 (D)

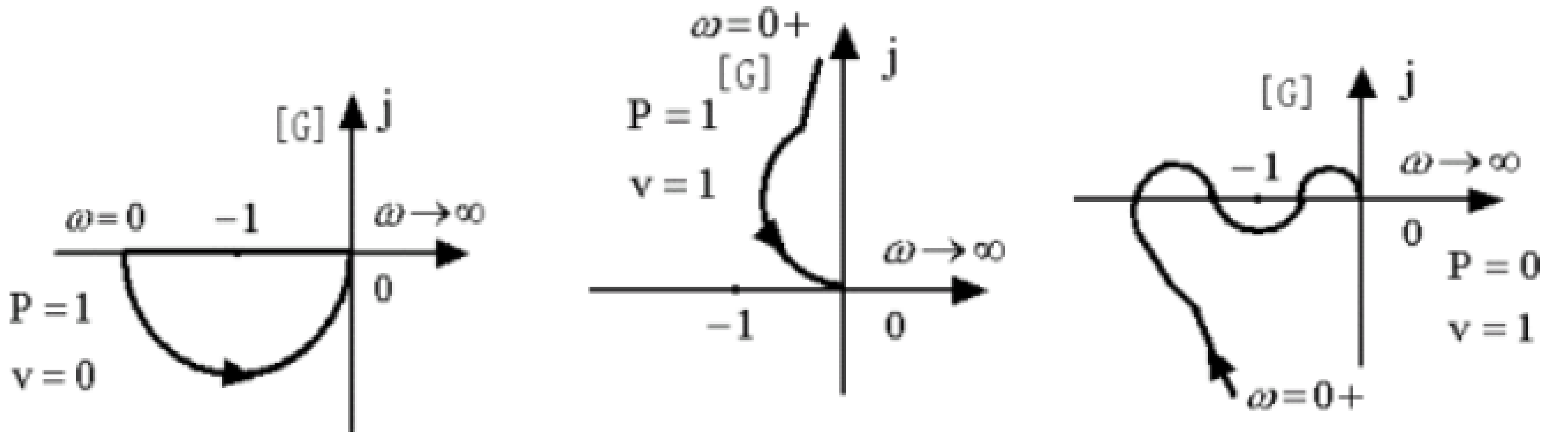
A、主反馈口符号为“ - ” ； B 、除 K_r 外的其他参数变化时；

C、非单位反馈系统； D 、根轨迹方程（标准形式）为 $G(s)H(s)=+1$。

6、开环频域性能指标中的相角裕度 γ 对应时域性能指标 (A) 。

A、超调 $\sigma\%$　　　B、稳态误差 e_{ss}　　　C、调整时间 t_s　　　D、峰值时间 t_p

7、已知开环幅频特性如图 2 所示，则图中不稳定的系统是 (B)。



系统①　　　　　　系统②　　　　　　系统③

图 2

A、系统①　　　B、系统②　　　C、系统③　　　D、都不稳定

8、若某最小相位系统的相角裕度 $\gamma > 0^0$，则下列说法正确的是 (C)。

A、不稳定；　　　B、只有当幅值裕度 $k_g > 1$ 时才稳定；

C、稳定；　　　D、不能判用相角裕度判断系统的稳定性。

9、若某串联校正装置的传递函数为 $\dfrac{10s+1}{100s+1}$，则该校正装置属于 (B)。

A、超前校正　　B、滞后校正　　C、滞后 -超前校正　　D、不能判断

10、下列串联校正装置的传递函数中，能在 $\omega_c = 1$ 处提供最大相位超前角的是：(**B**)

A、$\dfrac{10s+1}{s+1}$　　　B、$\dfrac{10s+1}{0.1s+1}$　　　C、$\dfrac{2s+1}{0.5s+1}$　　　D、$\dfrac{0.1s+1}{10s+1}$

1. 如图示系统结构图 1，试用结构图化简方法求传递函数 $\dfrac{C(s)}{R(s)}$。（15 分）

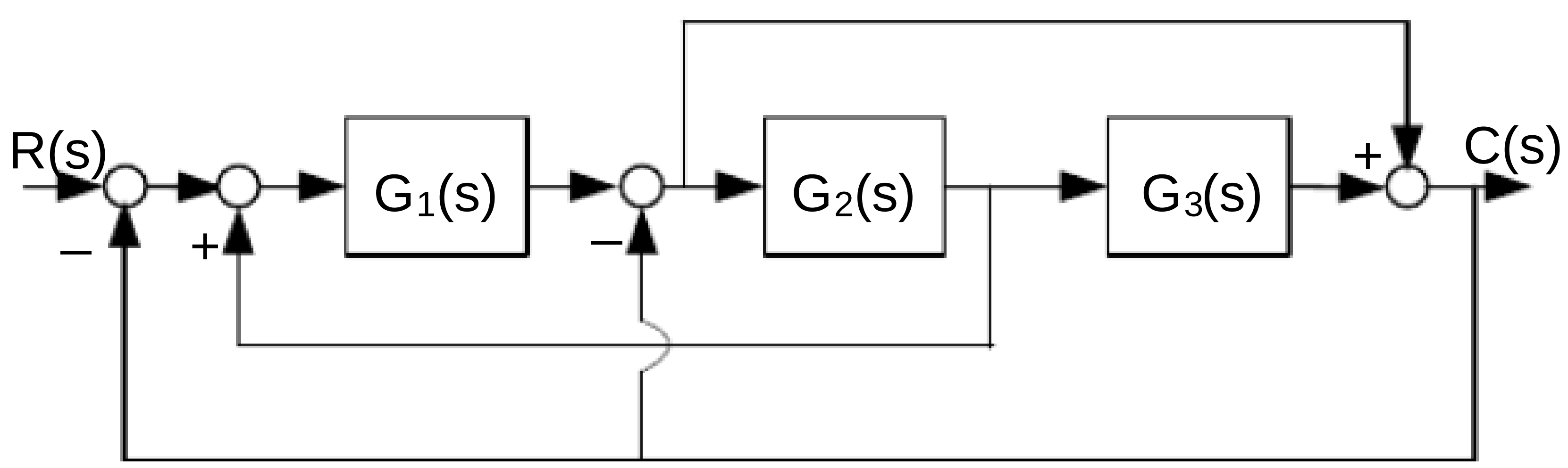
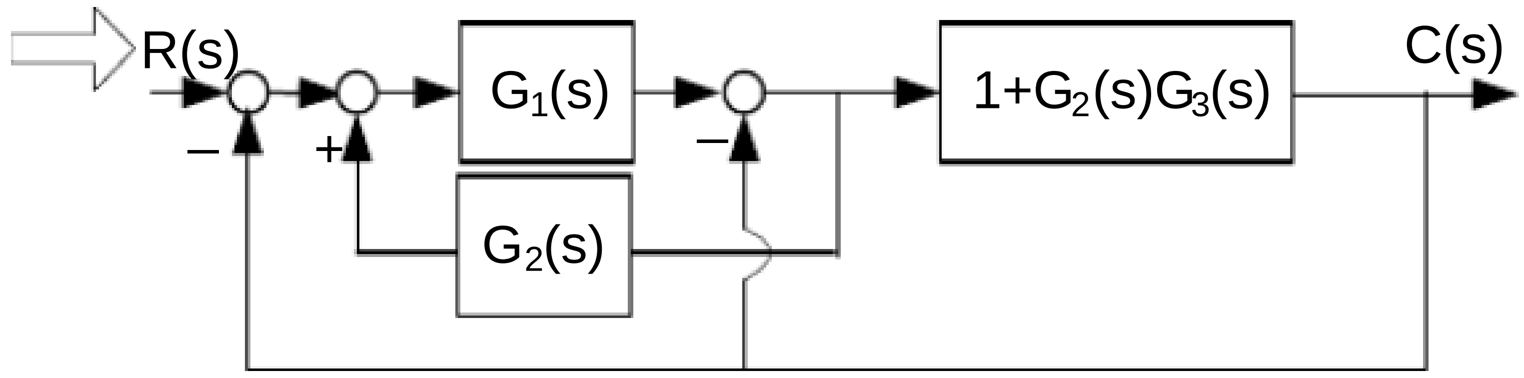
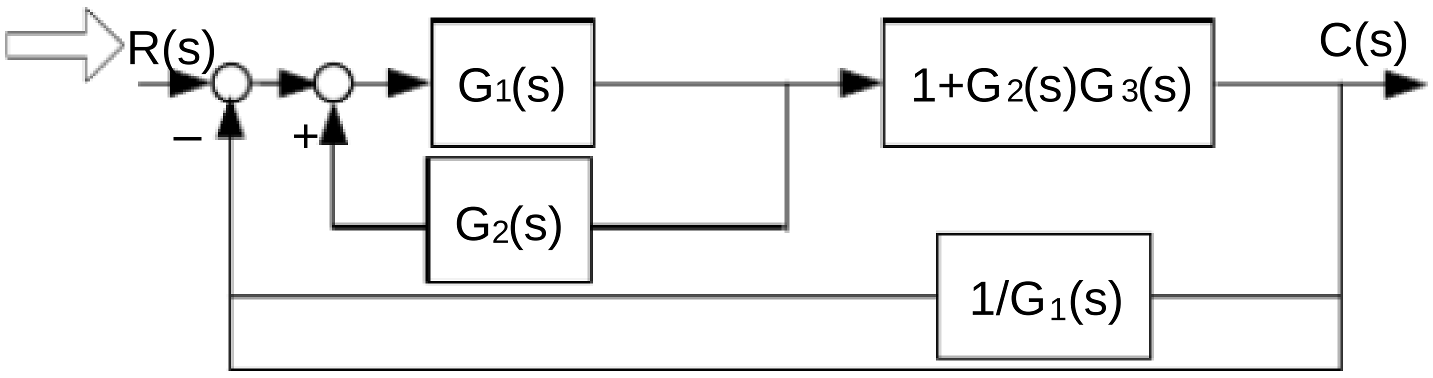


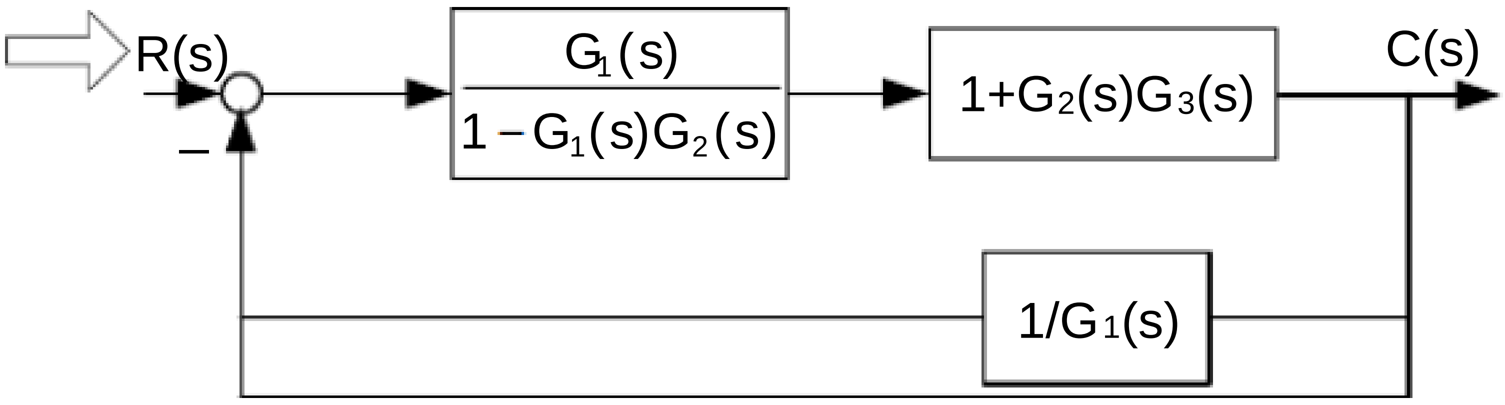
图 1

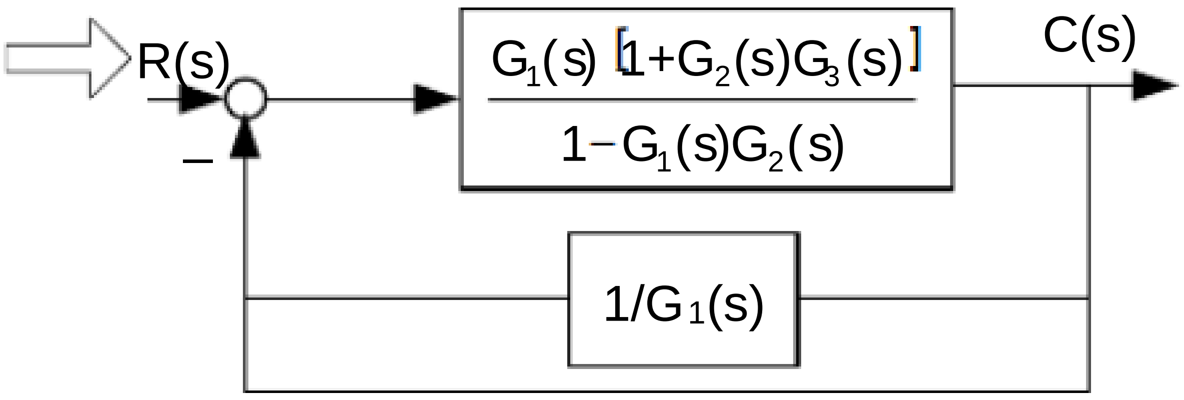
解：

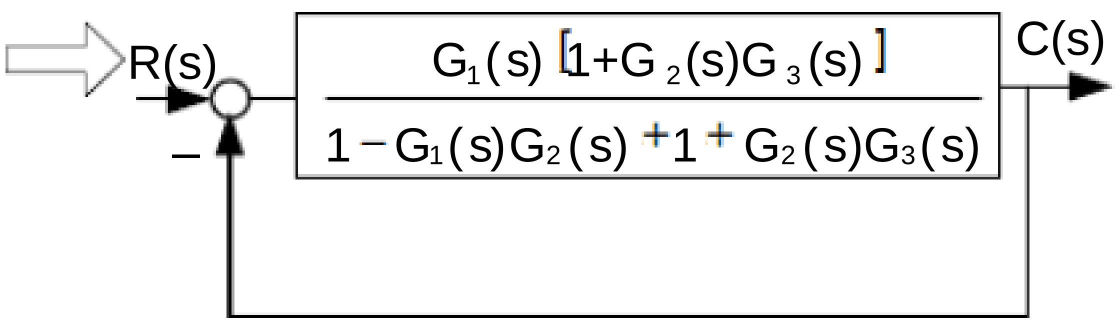
原图

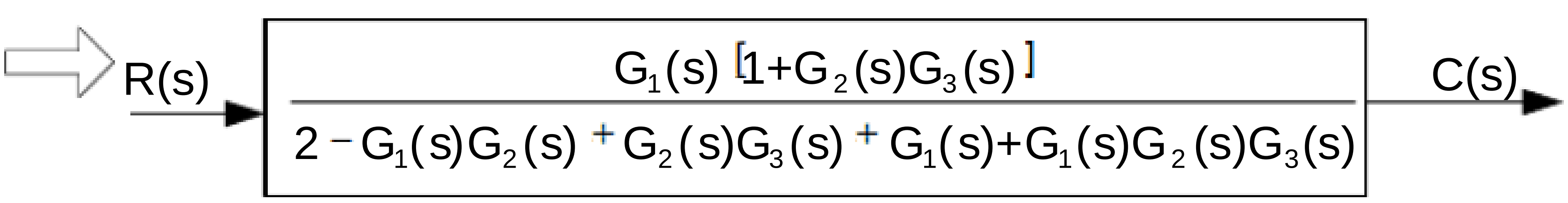

R(s)
C(s)
G1(s)
G2(s)
1+G2(s)G3(s)


R(s)
C(s)
G1(s)
G2(s)
1+G2(s)G3(s)
1/G1(s)


R(s)
C(s)
$\frac{G_1(s)}{1-G_1(s)G_2(s)}$
1+G2(s)G3(s)
1/G1(s)


R(s)
C(s)
$\frac{G_1(s)[1+G_2(s)G_3(s)]}{1-G_1(s)G_2(s)}$
1/G1(s)


R(s)
C(s)
$\frac{G_1(s)[1+G_2(s)G_3(s)]}{1-G_1(s)G_2(s)+1+G_2(s)G_3(s)}$


R(s)
C(s)
$\frac{G_1(s)[1+G_2(s)G_3(s)]}{2-G_1(s)G_2(s)+G_2(s)G_3(s)+G_1(s)+G_1(s)G_2(s)G_3(s)}$

得传递函数为 $$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{G_1+G_1G_2G_3}{1-G_1G_2+G_1G_2G_3+G_2G_3+1+G_1}$$

2. 控制系统如图 2 所示，系统单位阶跃响应的峰值时间为 3s 、超调量为 20%，求 K，a 值。（15 分）

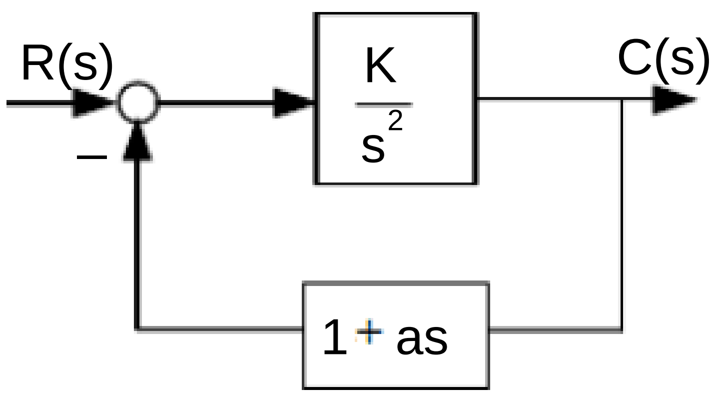


图 2

解：开环传递函数 $$G(s)=\frac{K(1+as)}{s^2}$$

闭环传递函数

$$\Phi(s)=\frac{\frac{K}{s^2}}{1+\frac{K(1+as)}{s^2}}=\frac{K}{s^2+Kas+K}=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$$

已知 $$\begin{cases}\sigma\%=e^{-\pi\zeta/\sqrt{1-\zeta^2}}=0.2\\ t_p=\dfrac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}=3(s)\end{cases}$$

所以

$$\zeta=\sqrt{\frac{(\ln\sigma)^2}{\pi^2+(\ln\sigma)^2}}=\sqrt{\frac{(\ln 0.2)^2}{\pi^2+(\ln 0.2)^2}}=\sqrt{\frac{2.6}{9.87+2.6}}=0.46$$

$$\omega_n=\frac{\pi}{t_p\sqrt{1-\zeta^2}}=\frac{\pi}{3\sqrt{1-0.46^2}}=1.18$$

K，a 分别为 $$\begin{cases}K=\omega_n^2=1.4\\ a=\dfrac{2\zeta\omega_n}{K}=\dfrac{1.09}{1.4}=0.78\end{cases}$$

1. 已知系统特征方程为 $s^5+3s^4+12s^3+24s^2+32s+48=0$，试求系统在 S 右半平面的根的个数及虚根值。 （10 分）

解：列 Routh 表

s^5	1	12	32	
s^4	3	24	48	
s^3	$\frac{3\times 12-24}{3}=4$	$\frac{32\times 3-48}{3}=16$	0	
s^2	$\frac{4\times 24-3\times 16}{4}=12$	48		
s	$\frac{12\times 16-4\times 48}{12}=0$	0		辅助方程 $12s^2+48=0$,
s	24			求导： 24s=0
s^0	48			

答：系统没有正根。对辅助方程求解，得一对虚根，其值为 $s_{1,2}=\pm j2$。

4. 单位负反馈系统的开环传递函数 $G(s)=\dfrac{K}{s(0.2s+1)(0.5s+1)}$，绘制 K 从 0 到 $+\infty$ 变化时系统的闭环根轨迹图。 （15 分）

解 ⑴ $$G(s)=\frac{K}{s(0.2s+1)(0.5s+1)}=\frac{10K}{s(s+5)(s+2)}$$

系统有三个开环极点： $p_1=0$，$p_2=-2$， $p_3=-5$

① 实轴上的根轨迹： $(-\infty,-5]$, $[-2,0]$

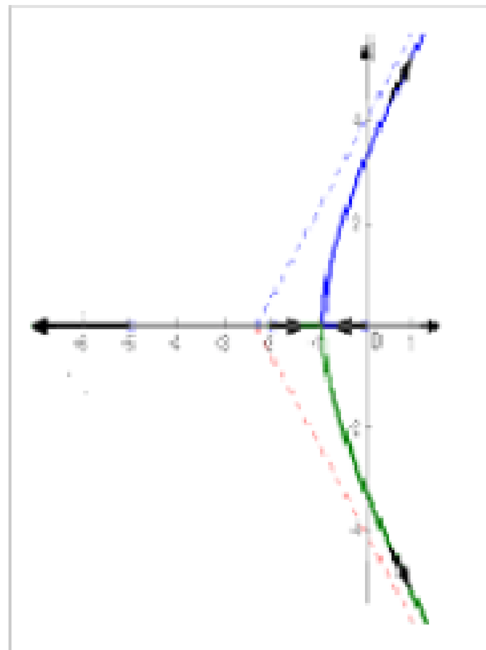
② 渐近线：
$$\begin{cases}\sigma_a=\dfrac{0-2-5}{3}=-\dfrac{7}{3}\\ \varphi_a=\dfrac{(2k+1)\pi}{3}=\pm\dfrac{\pi}{3},\pi\end{cases}$$

③ 分离点：
$$\frac{1}{d}+\frac{1}{d+5}+\frac{1}{d+2}=0$$

解得： $d_1=-0.88$，$d_2-3.7863$（舍去）。

④ 与虚轴的交点：特征方程为

$$D(s)=s^3+7s^2+10s+10K=0$$



根轨迹图

令
$$\begin{cases} \mathrm{Re}[D(j\omega)] = -7\omega^2 + 10K = 0 \\ \mathrm{Im}[D(j\omega)] = -\omega^3 + 10\omega = 0 \end{cases}$$

解得
$$\begin{cases} \omega = \sqrt{10} \\ K = 7 \end{cases}$$

与虚轴的交点（ 0, $\pm\sqrt{10}\,j$）。 根轨迹如图示。

5. 已知单位负反馈系统开环传递函数 $G(s) = \dfrac{K(T_2 s + 1)}{s^2(T_1 + 1)}$，试概略绘制系统的概略伯德（ Bode）图。（15 分）

解：

例5-2：设开环频率特性为 $G(j\omega) = \dfrac{10^{-3}\cdot(1 + j100\omega)^2}{(j\omega)^2(1 + j10\omega)(1 + j0.125\omega)(1 + j0.05\omega)}$

试绘制其近似的对数幅频特性曲线。

解：（1）转折频率： $\omega_1 = 0.01 \quad \omega_2 = 0.1 \quad \omega_3 = \dfrac{1}{0.125} = 8 \quad \omega_4 = 20$

（2）低频渐近线： $L(\omega) = 20\lg 10^{-3} - 20\times 2\lg\omega$

$$\therefore L(\omega) = -60 - 40\lg\omega$$

（3）绘制近似的对数幅频特性曲线

截止频率的计算：

$$\omega_c \in (0.1,\ 8)$$

令 $L(\omega) = 0$ **得：**

$$20\lg\frac{10^{-3}\cdot(100\omega)^2}{\omega^2\cdot 10\omega} = 0$$

$$\therefore \omega_c = 1$$