

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试试题

考试科目代码及名称: 852 自动控制原理

要求: 答案一律写在考点发放的答题纸上, 写在试题上无效。(需带计算器)

一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 对自动控制系统的基本要求可以概括为三个方面, 即: ①、②和③。
2. 线性系统的对数幅频特性, 纵坐标取值为④, 横坐标为⑤。
3. PID 控制器的输入—输出关系的时域表达式为⑥, 其相应的传递函数为⑦。
4. 反馈控制又称偏差控制, 其控制作用是通过⑧与反馈量的差值进行的。
5. 两个传递函数分别为 $G_1(s)$ 与 $G_2(s)$ 的环节, 以串联方式连接, 其等效传递函数为 $G(s)$, 则 $G(s)$ 为⑨ (用 $G_1(s)$ 与 $G_2(s)$ 表示)。
6. 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⑩。
7. 根轨迹起始于⑪, 终止于⑫。
8. 设某最小相位系统的相频特性为 $\varphi(\omega) = \text{tg}^{-1}(\tau\omega) - 90^\circ - \text{tg}^{-1}(T\omega)$, 则该系统的开环传递函数为⑬。
9. 在水箱水温控制系统中, 受控对象为⑭, 被控量为⑮。
10. 自动控制系统有两种基本控制方式, 当控制装置与受控对象之间只有顺向作用而无反向联系时, 称为⑯; 当控制装置与受控对象之间不但有顺向作用而且还有反向联系时, 称为⑰; 含有测速发电机的电动机速度控制系统, 属于⑱。
11. 稳定是对控制系统最基本的要求, 若一个控制系统的响应曲线为衰减振荡, 则该系统⑲。判断一个闭环线性控制系统是否稳定, 在时域分析中采用⑳, 在频域分析中采用㉑。

江西理工大学

2016年硕士研究生入学考试试题

12. 传递函数是指在 ⑫ 初始条件下, 线性定常控制系统的 ⑬ 与 ⑭ 之比。
13. 设系统的开环传递函数为 $\frac{K(\tau s+1)}{s^2(Ts+1)}$, 则其开环幅频特性为 ⑮; 相频特性为 ⑯。
14. 频域性能指标与时域性能指标有着对应关系, 开环频域性能指标中的幅值穿越频率 ω_c 反映了系统动态过程的 ⑰ 性能。
15. 在二阶系统的单位阶跃响应中, t_s 定义为 ⑱, $\sigma\%$ 是 ㉑。
16. 若某单位负反馈控制系统的前向传递函数为 $G(s)$, 则该系统的开环传递函数为 ⑳。

二、 选择题 (每题 2 分, 共 50 分)

1. 控制论的中心思想是 (①)
- A. 系统是由元素或子系统组成的
B. 机械系统与生命系统乃至社会经济系统等都有一个共同的特点, 即通过信息的传递、加工处理, 并利用反馈进行控制
C. 有些系统可控, 有些系统不可控
D. 控制系统有两大类, 即开环控制系统和闭环控制系统
2. 对控制系统的首要要求是 (②)
- A. 系统的经济性 B. 系统的自动化程度
C. 系统的稳定性 D. 系统的响应速度
3. 某典型环节的传递函数为 $G(s) = Ts$, 则该环节为 (③)
- A. 惯性环节 B. 积分环节 C. 微分环节 D. 比例环节
4. 系统的传递函数 (④)
- A. 与外界无关 B. 反映了系统、输入、输出三者之间的关系
C. 完全反映了系统的动态特性 D. 与系统的初始状态有关
5. 系统数学模型是指 (⑤) 的数学表达式。
- A. 输入信号 B. 输出信号 C. 系统的动态特性 D. 系统的特征方程

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试试题

6. 系统传递函数为 $G(s) = \frac{2}{2s^2 + 3s + 1}$, 则系统的增益为 (⑥)。

A. 0.5 B. 1 C. 2 D. 无法确定

7. 以上关于线性系统时间响应的说法正确的是 (⑦)。

A. 时间响应就是系统输出的稳态值 B. 由单位阶跃响应和单位脉冲响应组成
C. 由强迫响应和自由响应组成 D. 与系统初始状态无关

8. 已知机械系统的传递函数为 $G(s) = \frac{4}{s^2 + s + 4}$, 则系统的阻尼比为 (⑧)。

A. 0.25 B. 0.5 C. 1 D. 2

9. 以上二阶欠阻尼系统性能指标只与其阻尼比有关的是 (⑨)。

A. 上升时间 B. 峰值时间 C. 调整时间 D. 最大超调量

10. 以下系统中存在主导极点的是 (⑩)。

A. $G(s) = \frac{4}{s^2 + s + 4}$ B. $G(s) = \frac{4}{(s^2 + s + 4)(s + 1)}$

C. $G(s) = \frac{4}{(s^2 + s + 4)(2s + 1)(s + 1)}$ D. $G(s) = \frac{4}{(s^2 + s + 4)(s + 10)(s + 20)}$

11. 线性系统的单位阶跃响应为 $x_o(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$, 则该系统的单位脉冲响应为 (⑪)。

A. $\omega(t) = 1 - e^{-t/T}$ B. $\omega(t) = 1 - Te^{-t/T}$ C. $\omega(t) = e^{-t/T}$ D. $\omega(t) = \frac{1}{T}e^{-t/T}$

12. 要想减少二阶欠阻尼系统的上升时间, 可以采取的措施是 (⑫)。

A. ω_n 不变, 增大 ξ B. ξ 不变, 减小 ω_n

C. ω_n 减小, 增大 ξ D. ξ 减小, 增大 ω_n

13. 系统开环传递函数为 (⑬) 的单位反馈系统, 在输入 $x_i(t) = 1 + 4t$ 作用下的稳态误差为 0。

A. $G_k(s) = \frac{7}{s(s+5)}$ B. $G_k(s) = \frac{7}{s(s+2)}$

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试试题

C. $G_k(s) = \frac{7}{s^2(s+2)}$ D. $G_k(s) = \frac{7}{(s+2)(s+5)}$

14. 以下关于频率特性与传递函数的描述, 错误的是 (⑭)。

- A. 都是系统的数学模型 B. 都是系统的初始状态无关
C. 与单位脉冲响应函数存在一定的数学变换关系 D. 与系统的微分方程无关

15. 若某系统的根轨迹有两个起点位于原点, 则说明该系统 (⑮)。

- A. 含两个理想微分环节 B. 含两个积分环节
C. 位置误差系数为 0 D. 速度误差系数为 0

16. 已知某环节频率特性的 Nyquist 图为一单位圆, 则该环节的幅频特性为 (⑯)。

- A. 0.1 B. 1 C. 10 D. 无法确定

17. 一个线性系统稳定与否取决于 (⑰)。

- A. 系统的结构和参数 B. 系统输入
C. 系统的干扰 D. 系统的初始状态

18. 一个系统开环增益越大, 则 (⑱)。

- A. 相对稳定性越小, 稳态误差越小 B. 相对稳定性越大, 稳态误差越大
C. 相对稳定性越小, 稳态误差越大 D. 相对稳定性越大, 稳态误差越小

19. 所谓校正 (又称补偿) 是指 (⑲)。

- A. 加入 PID 校正器 B. 在系统中增加新的环节或改变某些参数
C. 使系统稳定 D. 使用劳斯判据

20. 以下环节中可以作为相位超前校正环节的是 (⑳)。

A. $G_c(s) = \frac{2s+1}{s+1}$ B. $G_c(s) = 3\frac{2s+1}{3s+1}$

C. $G_c(s) = \frac{s+1}{2s+1}$ D. $G_c(s) = 3\frac{s+1}{2s+1}$

21. 下列系统中属于不稳定的系统是 (㉑)。

- A. 闭环极点为 $s_{1,2} = -1 \pm j2$ 的系统 B. 闭环特征方程为 $s^2 + 2s + 1 = 0$ 的系统

- C. 阶跃响应为 $c(t) = 20(1 + e^{-0.4t})$ 的系统 D. 脉冲响应为 $h(t) = 8e^{0.4t}$ 的系统

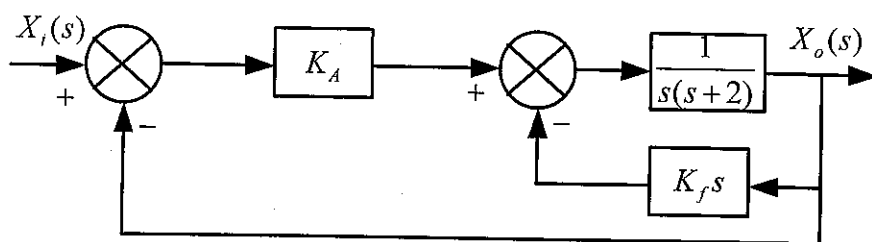
江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试试题

22. 高阶系统的主导闭环极点越靠近虚轴, 则系统的 (②)。
- A. 准确度越高 B. 准确度越低
C. 响应速度越快 D. 响应速度越慢
23. 开环频域性能指标中的相角裕度 γ 对应时域性能指标 (③)。
- 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
24. 关于 PI 控制器作用, 下列观点正确的有 (②)
- A. 可使系统开环传函的型别提高, 消除或减小稳态误差
B. 积分部分主要是用来改善系统动态性能
C. 比例系数无论正负、大小如何变化, 都不会影响系统稳定性
D. 只要应用 PI 控制规律, 系统的稳态误差就为零
25. 关于系统频域校正, 下列观点错误的是 (③)
- A. 一个设计良好的系统, 相角裕度应为 45 度左右
B. 开环频率特性, 在中频段对数幅频特性斜率应为 $-20\text{dB}/\text{dec}$
C. 低频段, 系统的开环增益主要由系统动态性能要求决定
D. 利用超前网络进行串联校正, 是利用超前网络的相角超前特性

三、综合题 (每题 10 分, 共 70 分)

1. 某控制系统如下图所示。

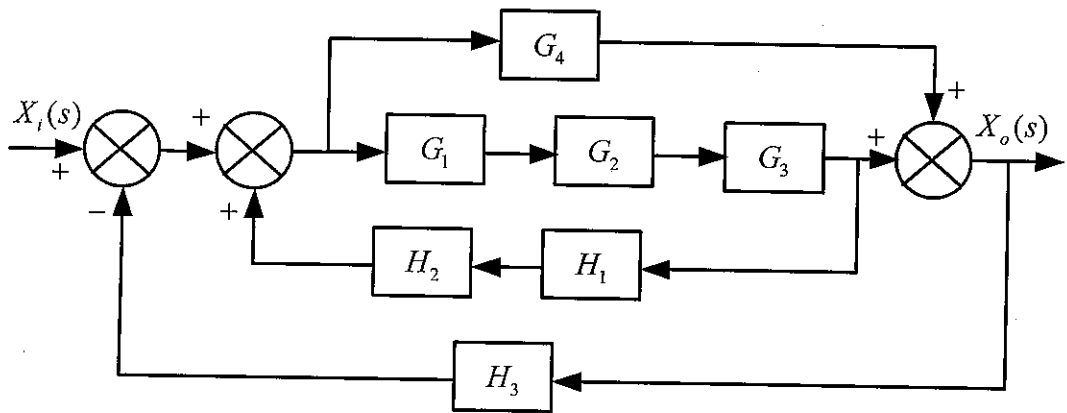


- (1) 当 $K_f = 0$ 、 $K_A = 10$ 时, 试确定系统的阻尼比、无阻尼固有频率;
- (2) 若要求系统阻尼比为 0.6、 $K_A = 10$, 试确定 K_f 值和单位斜坡输入作用下系统的稳态误差;

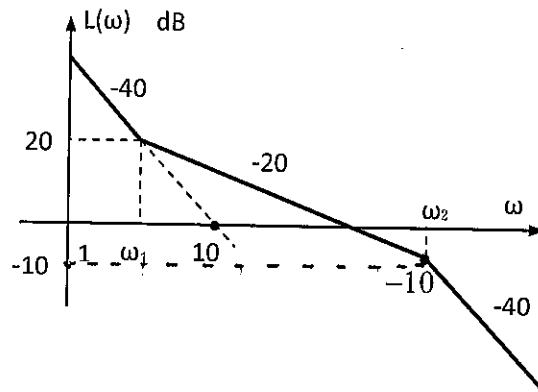
江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试试题

- (3) 若单位斜坡输入作用下，要求保持阻尼比为 0.6，稳态误差为 0.2，试确定 K_f 、 K_A 。
2. 已知系统的单位阶跃响应为 $x_o(t) = 1 - 1.8e^{-4t} + 0.8e^{-9t}$ ($t \geq 0$)，试求系统的幅频特性与相频特性。
3. 化简下图所示系统的传递函数 $X_o(s) / X_i(s)$ 。



4. 已知最小相位系统的对数幅频特性如下图所示，试求系统的开环传递函数。

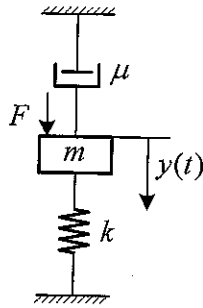


5. 已知单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$ ，试求：
- (1) 使系统稳定的 K 值范围；
 - (2) $K = 4$ ，输入为 $r(t) = t$ 时，系统的稳态误差。

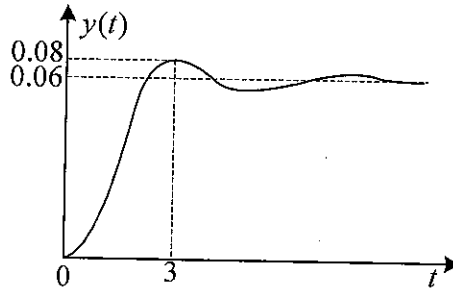
江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试试题

6. 已知质量-弹簧-阻尼器系统如下图(a)所示, 其中质量为 m , 弹簧系数为 k , 阻尼器系数为 μ , 当物体受 $F = 10 \text{ N}$ 恒力作用时, 其位移 $y(t)$ 的变化如下图(b)所示。求 m 、 k 和 μ 的值。



图(a)



图(b)

7. 已知单位反馈系统的开环传递函数为 $G_k(s) = \frac{1}{s(0.5s+1)}$, 现要求速度误差系数 $K_v = 20$, 相位裕度不小于 45° , 增益裕度不小于 10 dB , 试确定相位超前校正装置的传递函数。

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试参考答案

考试科目代码及名称: 852 自动控制原理

一、填空题 (每空 1 分, 共 30 分)

1. 稳定性、快速性、准确性 2. $20\lg A(\omega)$ 、 $\lg(\omega)$ 3.

$$K_p[\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt}], K_p[1 + \frac{1}{T_i} + T_d s]$$

4. 输入量 5. $G_1(s) * G_2(s)$
6. $\frac{10}{s+0.2s} + \frac{5}{s+0.5s}$ 7. 开环极点、开环零点 8. $\frac{K(\tau s+1)}{s(Ts+1)}$ 9. 水箱、水温 10. 开

环控制系统、闭环控制系统、闭环控制系统 11. 稳定、劳斯判据、奈奎斯特判据 12. 零、输出拉氏变换、输入拉氏变换

13. $\frac{K\sqrt{\tau^2\omega^2+1}}{\omega^2\sqrt{T^2\omega^2+1}}$ 、 $\arctan \tau\omega - 180^\circ - \arctan T\omega$ 14. 快速性 15. 调整时间、超调量

16. $G(s)$

二、选择题 (每题 2 分, 共 50 分)

1. B 2. C 3. C 4. C 5. C 6. B 7. C 8. A 9. D 10. D 11. D
12. D 13. C 14. D 15. B 16. B 17. A 18. A 19. B 20. A 21. D 22.
D 23. A 24. A 25. C

三、综合题 (每题 10 分, 共 70 分)

1. 解: 化简系统传递函数方框图, 可得系统的开环传递函数为

$$G_k(s) = \frac{K_A}{s^2 + (2 + K_f)s}$$

系统的传递函数为 $G_B(s) = \frac{K_A}{s^2 + (2 + K_f)s + K_A}$ 。(2 分)

(1) 当 $K_f = 0$ 、 $K_A = 10$ 时, 有 $\omega_n^2 = 10$ $2\xi\omega_n = 2$, 可得 $\omega_n = 3.16$ $\xi = 0.316$ 。

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试参考答案

(2 分)

(2) 当 $K_A=10$, $\xi=0.6$ 时 , 有 $\omega_n^2=10$, 即 $\omega_n=3.16$ 。 且

$2\xi\omega_n=2\times 3.16\times 0.6=2+K_f$, 得 $K_f=1.792$ 。 系统在 $x_i(t)=t$ 作用下的稳态

误差为 $e_{ss}=\frac{2+K_f}{K_A}=0.3792$ 。(3 分)

(3) 由 $\xi=0.6, e_{ss}=0.2$, 有 $\frac{2+K_f}{K_A}=0.2$, 且 $2\xi\omega_n=1.2\omega_n=2+K_f$, 得 $\omega_n^2=K_A$

$K_f=5.2$ $K_A=36$ 。(3 分)

2. 解: 先求系统的传递函数, 由已知条件可知

$$X_i(s)=\frac{1}{s}, \quad X_o(s)=\frac{1}{s}-1.8\frac{1}{s+4}+0.8\frac{1}{s+9}, \quad (2 \text{ 分})$$

$$G(s)=\frac{X_o(s)}{X_i(s)}=\frac{36}{(s+4)(s+9)} \quad (2 \text{ 分})$$

则系统的频率特性为 $G(j\omega)=G(s)|_{s=j\omega}=\frac{36}{(4+j\omega)(9+j\omega)}$, (2 分)

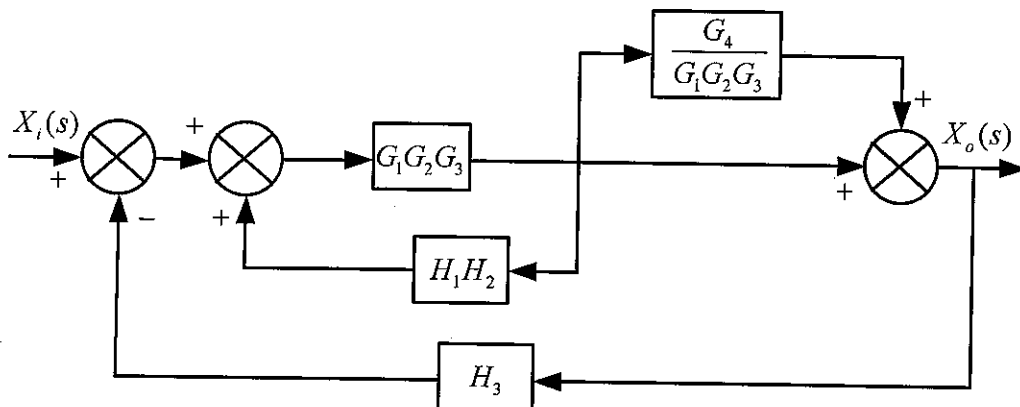
其幅频特性为 $A(\omega)=|G(j\omega)|=\frac{36}{\sqrt{16+\omega^2}\sqrt{81+\omega^2}}$, (2 分)

相频特性为 $\varphi(\omega)=-\arctan\frac{\omega}{4}-\arctan\frac{\omega}{9}$ 。(2 分)

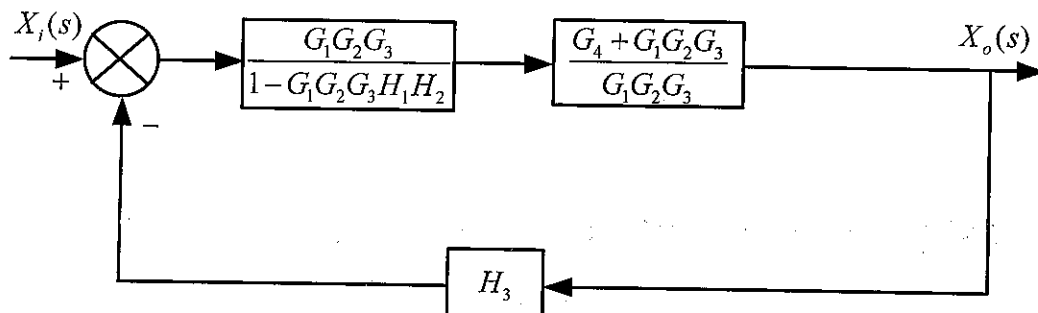
3.

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试参考答案



(3 分)



(3 分)

$$G_B(s) = \frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{G_1 G_2 G_3 + G_4}{1 + (G_1 G_2 G_3 + G_4) H_3 - G_1 G_2 G_3 H_1 H_2} \quad (4 \text{ 分})$$

4. 解：从开环波特图可知，系统具有比例环节、两个积分环节、一个一阶微分环节和一个惯性环节。(2 分)

故其开环传函应有以下形式

$$G(s) = \frac{K \left(\frac{1}{\omega_1} s + 1 \right)}{s^2 \left(\frac{1}{\omega_2} s + 1 \right)} \quad (2 \text{ 分})$$

由图可知： $\omega = 1$ 处的纵坐标为 40dB，则 $L(1) = 20 \lg K = 40$ ，得 $K = 100$ (2 分)

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试参考答案

又由 $\omega = \omega_1$ 和 $\omega = 10$ 的幅值分贝数分别为 20 和 0，结合斜率定义，有

$$\frac{20-0}{\lg \omega_1 - \lg 10} = -40, \text{ 解得 } \omega_1 = \sqrt{10} = 3.16 \text{ rad/s (2分)}$$

$$\text{同理可得 } \frac{20 - (-10)}{\lg \omega_1 - \lg \omega_2} = -20 \text{ 或 } 20 \lg \frac{\omega_2}{\omega_1} = 30,$$

$$\omega_2^2 = 1000\omega_1^2 = 10000 \quad \text{得} \quad \omega_2 = 100 \text{ rad/s (2分)}$$

$$\text{故所求系统开环传递函数为 } G(s) = \frac{100\left(\frac{s}{\sqrt{10}} + 1\right)}{s^2\left(\frac{s}{100} + 1\right)} \quad (2 \text{分})$$

$$5. \text{ 解 因为 } G_K(s) = \frac{K}{s \times (s+1) \times (s+2)} \quad H(s) = 1$$

$$\text{所以 } G(s) = \frac{K}{s * (s+1) * (s+2)}$$

$$G_B(s) = \frac{G(s)}{1 + G_K(s)} = \frac{K}{s^3 + 3s^2 + 2s + K} \quad (2 \text{分})$$

于是系统特征方程为

$$s^3 + 3s^2 + 2s + K = 0 \quad (2 \text{分})$$

其 Routh 表如下:

$$\begin{array}{ccc} s^3 & 1 & 2 \\ s^2 & 3 & K \\ s^1 & \frac{6-K}{3} & 0 \quad (2 \text{分}) \\ s^0 & K & 0 \end{array}$$

根据 Routh 判据的充要条件，有

$$\left. \begin{array}{l} K > 0 \\ 6 - K > 0 \end{array} \right\} (2 \text{分})$$

所以 $0 < K < 6$

当 $K = 4$ ，系统的稳态误差为 0.5。(2分)

$$6. \text{ 系统的微分方程为: } m \ddot{y}(t) + \mu \dot{y}(t) + ky(t) = F(t)$$

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试参考答案

系统的传递函数为: $G(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + \mu s + k} = \frac{\frac{1}{m}}{s^2 + \frac{\mu}{m}s + \frac{k}{m}}$ (2分)

因此 $G(Y(s)) = \frac{1}{ms^2 + \mu s + k} F(s) = \frac{\frac{1}{m}}{s^2 + \frac{\mu}{m}s + \frac{k}{m}} \times \frac{10}{s}$

利用拉普拉斯终值定理及图上的稳态值可得:

$$y(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sY(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{\frac{1}{m}}{s^2 + \frac{\mu}{m}s + \frac{k}{m}} \times \frac{10}{s} = 0.06 \text{ (2分)}$$

所以 $10/k=0.06$, 从而求得 $k=066.7 \text{ N/m}$

由系统得响应曲线可知, 系统得超调量为 $\sigma = 0.02/0.06 = 33.3\%$, 由二阶系统性能

指标的计算公式 $\sigma = e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}} \times 100\% = 33.3\%$ (2分)

解得 $\xi = 0.33$

由响应曲线得, 峰值时间为 3s, 所以由

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n \sqrt{1-\xi^2}} = 3 \text{ (2分)}$$

解得 $\omega_n = 1.109 \text{ rad/s}$

由系统特征方程

$$s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2 = s^2 + \frac{\mu}{m}s + \frac{k}{m} = 0$$

可知

$$2\xi\omega_n = \frac{\mu}{m} \quad \frac{k}{m} = \omega_n^2$$

所以

$$m = \frac{k}{\omega_n^2} = \frac{166.7}{1.109^2} = 135.5 \text{ kg (2分)}$$

江西理工大学

2016 年硕士研究生入学考试参考答案

$$\mu = 2\xi\omega_n, m = 2 \times 0.33 \times 1.109 \times 135.5 = 99.2 N/(m/s)$$

7. 解: 为使 $K_v = 20$, 需保证 K 满足 $K = 20$ 。(2 分)

其频率特性为

$$20 \lg |G_k(j\omega)| = -20 \lg \omega - 20 \lg \sqrt{1 + 0.25\omega^2}$$

$$\varphi(\omega) = -90^\circ - \arctan 0.5\omega$$

则可计算校正前的相位裕度和幅值裕度分别为 $\gamma = 17^\circ, K_g = \infty$ (2 分)

则需要增加相位超前量 $5^\circ + 28^\circ = 33^\circ$ 。

由 $\sin \varphi_m = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}$, 得 $\alpha = 0.29$ 。(2 分)

则在点 $\omega = \omega_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha T}}$ 上, 校正环节对数幅频特性曲线的分贝值为

$$-20 \lg \frac{1}{\sqrt{\alpha}} = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{0.29}} = 5.3 \text{ dB}, (2 \text{ 分})$$

而 $20 \lg |G'_k(j\omega)| = -5.3 \text{ dB}$ 对应 Bode 图上 $\omega = 8.8 s^{-1}$ 处。现以 8.8 作为新的幅值交界频率, 即

$$\omega'_c = \omega_m = 8.8, \text{ 则 } \frac{1}{T} = 4.74 \quad \frac{1}{\alpha T} = 16.34。(2 \text{ 分})$$

故相位超前校正环节的传递函数可确定为

$$G_c(s) = 0.29 \frac{0.211s + 1}{0.061s + 1}。$$