

# 思考题和讨论题

## (一) 自动控制的一般概念

### a) 思考题

举出几个现实生活中开闭环控制系统的应用实例。

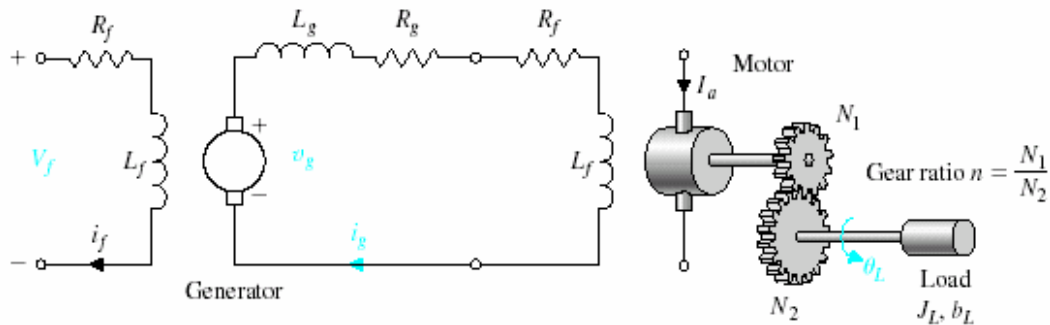
### b) 讨论题

分别画出汽车速度控制和方位控制的原理方块图，指出被控对象和被控量。

## (二) 控制系统的数学模型

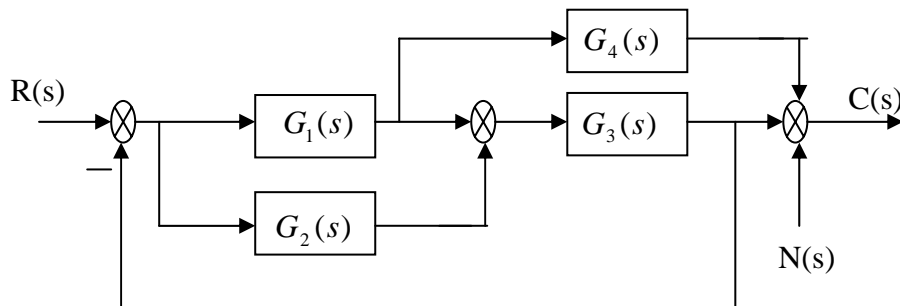
### a) 思考题

- 1、 An electromechanical open-loop control system is shown following figure. The generator, driven at a constant speed, provides the field voltage for the motor. The motor has an inertia  $J_m$  and bearing friction  $b_m$ . Obtain the transfer function  $\theta_L(s)/V_f(s)$ , and draw a block diagram of the system.

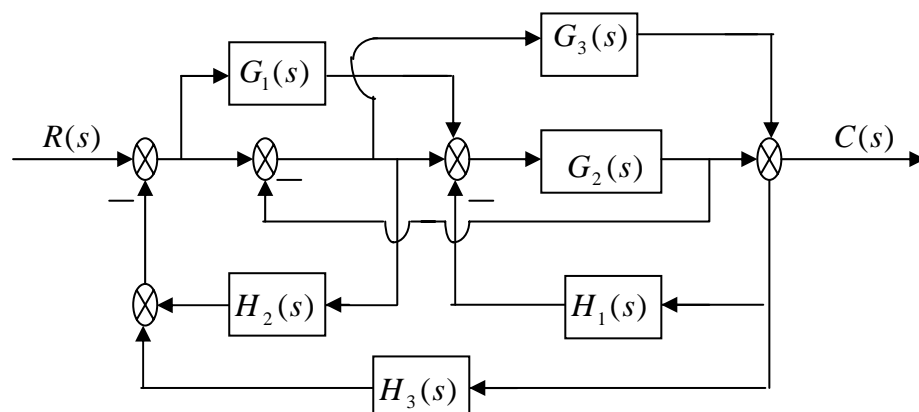


### b) 讨论题

- 1、 系统结构图如图所示，求传递函数  $C(s)/R(s)$ ， $E(s)/R(s)$ ， $C(s)/N(s)$ 。



- 2、 系统的结构图如下所示，试求系统的传递函数  $C(s)/R(s)$ （指出各回路和各前向通路）。

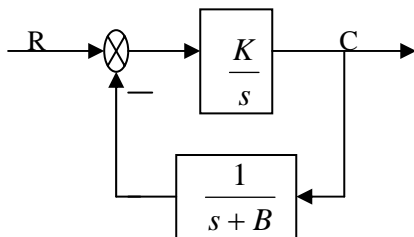


### (三) 时域分析法

#### a) 思考题

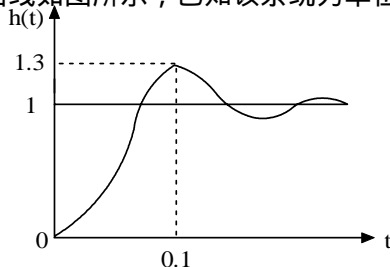
#### 选择题

- (1) 单位负反馈系统的开环传递函数为  $G(s) = \frac{K(\tau s + 1)}{s^2(Ts + 1)}$ ，闭环系统的稳定条件是
- a) 只要  $K$  很小      b)  $K$  要适当      c)  $T > \tau$       d)  $T < \tau$
- (2) 稳定的单位负反馈系统，其开环传递函数有一个积分环节，误差定义为  $r - c$ ，系统无稳态误差时的输入信号为
- a) 加入输入端的控制信号      b) 加入输入端的阶跃干扰信号  
c) 加入输入端的阶跃信号      d) 加入输入端的阶跃控制信号
- (3) 若闭环系统稳定，那说明该系统
- a) 反馈一定是负反馈      b) 开环传递函数没有不稳定环节  
c) 型别小于 2      d) 闭环特征方程的系数全不为零
- (4) 若  $E(s)$  的拉氏反变换式为  $e(t)$ ，已知  $\lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = A$  ( $A$  是常数)，则极限  $\lim_{s \rightarrow \infty} e(t)$
- a) 等于一个常数      b) 一定等于  $A$       c) 不一定存在      d) 不存在
- (5) 若误差定义为  $r - c$ ，则下图所示系统的型别(其中  $K, B$  大于零)
- a) 为 0 型      b) 型      c) 取决于  $B, K$       d) 取决于  $r$



#### b) 讨论题

- 1、某二阶系统的阶跃响应曲线如图所示，已知该系统为单位负反馈系统，试确定其开环传递函数。



- 2、设单位负反馈控制系统的开环传递函数为

$$G_o(s) = \frac{K}{s(s^2 + 7s + 17)}$$

- (1) 确定使系统产生持续等幅振荡的  $K$  值及相应的振荡角频率；
- (2) 确定使全部闭环系统极点位于  $s = -1$  垂直线左侧时  $K$  的取值范围；
- (3) 确定使全部闭环系统极点位于  $s = -2$  垂直线左侧时  $K$  的取值范围。

#### (四) 根轨迹法

##### a) 思考题

1、单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K(s+1)^2}{s^3}$$

试画出  $K$  由零变到正无穷时闭环系统的根轨迹，并确定闭环系统稳定时  $K$  的取值范围。

2、负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K^* s}{(s + 3\sqrt{3})(s^2 + 1)}$$

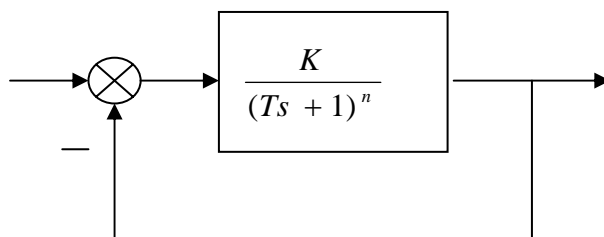
试画出  $K^* > 0$  时闭环系统的根轨迹图。（要求按步骤做，图中至少应标明渐近线、分离点、会合点、分离角、会合角及起始角等项。）

##### b) 讨论题

1、系统如图所示，图中  $T > 0$ ， $n$  为大于 2 的正整数。

试证：1) 闭环系统 ( $K > 0$ ) 的根轨迹是以点  $s = -1/T$  为中心的  $n$  条射线。

2) 闭环系统临界稳定的条件为  $K = (\sec \frac{\pi}{n})^n$



2、设单位负反馈控制系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{K^* (1-s)}{s(s+2)}$$

试绘制  $K^*$  从  $0 \rightarrow \infty$  的闭环根轨迹图，并求出使系统产生重根和纯虚根的  $K^*$  值。

#### (五) 频率法

##### a) 思考题

1、选择题

(1) 单位负反馈系统的开环传递函数  $G(s) = \frac{K}{Ts+1}$  ( $K, T$  均为正数)，系统的频带宽度为

- a)  $\frac{1}{T}$                       b)  $0.707K$                       c)  $\frac{K+1}{T}$                       d)  $\frac{K}{T}$

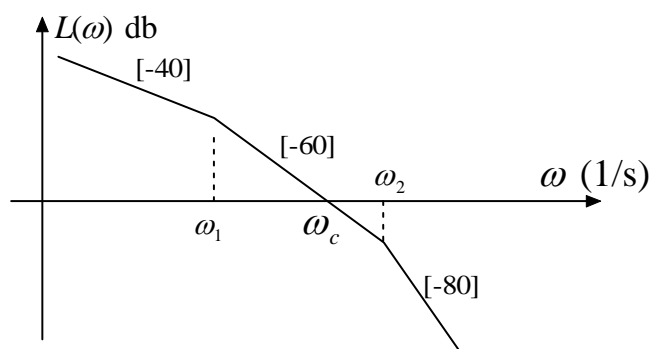
(2) 典型二阶振荡环节，当  $0 < \zeta < 0.707$  时，谐振频率  $\omega_m$

- a) 等于  $\omega_n$       b) 小于  $\omega_n$       c) 大于  $\omega_n$       d) 与  $\omega_n$  无关

2、已知单位负反馈系统的开环传递函数  $G(s) = \frac{10}{s+1}$ ，求当输入信号  $r(t) = \sin(t + 30^\circ)$  时，系统的稳态输出  $c_s(t)$ 。

b) 讨论题

1、已知最小相位系统的开环对数幅频渐近特性曲线如图所示， $\omega_1$ ， $\omega_2$ ， $\omega_3$  均为已知，试写出系统的开环传递函数。



2、已知负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{k}{s(0.1s+1)(10s+1)}$$

设开环对数幅频特性最左端渐近线的延长线与零分贝线交点处的角频率为  $10 \text{ rad/s}$ ，试问：

- (1) 系统的开环放大倍数  $k$  等于多少？
- (2) 系统的截止频率  $\omega_c$  等于多少？
- (3) 系统是否稳定？
- (4) 分析系统参数  $k$ ， $T_1$  和  $T_2$  变化时对系统稳定性和稳态性能的影响。

(六) 控制系统的校正

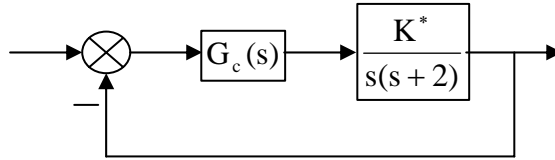
a) 思考题

1、单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{200}{s(0.1s+1)}$$

试设计一个串联校正网络，使系统的相稳定裕度不小于  $45^\circ$ ，截止频率不低于  $50$  弧度/秒。

2、设系统的结构图如图所示，图中  $K^* = 2K$ ，要求设计串联校正环节  $G_c(s)$ ，使系统阶跃响应满足：超调量  $\sigma < 0.16$ ，调节时间  $t_s < 2$  秒。

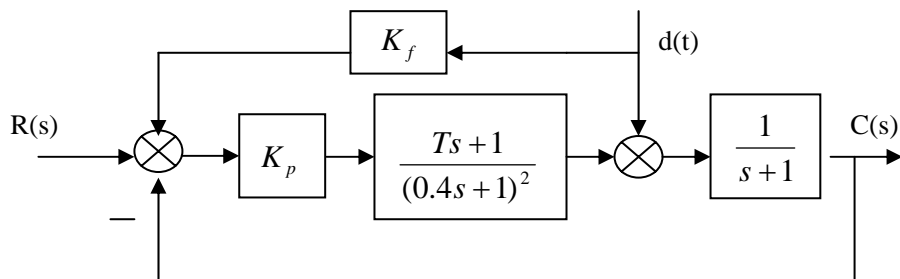


通过上述两题比较，说明在什么情况下适合选用频率设计法，什么情况下适合选用根轨迹设计法。

#### b)讨论题

1、系统结构图如图所示。误差的定义为  $r-c$ 。

- (1) 确定  $K_p, T$  值使系统在  $r(t)=1(t)$  时的稳态误差为 0.01；
- (2) 根据 (1) 中确定的  $K_p, T$  值，求  $K_f$  值使得当干扰  $d(t)$  为阶跃函数时的稳态误差为零。



2、单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G(s) = \frac{10}{s(s+1)(2s+1)}$$

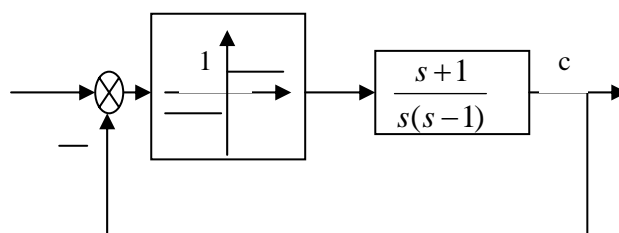
- (1) 试求它的增益交界频率和相稳定裕度，并说明该系统是否稳定；
- (2) 若只调整增益使系统的相稳定裕度为 45 度，问附加增益应为多大？
- (3) 不改变 (2) 中所得的增益交界频率和相稳定裕度，设计串联校正环节使系统的速度误差系数  $K_v \geq 30s^{-1}$  (对数幅频特性可以采用渐近线近似)。

#### (七) 非线性系统分析

##### a)思考题

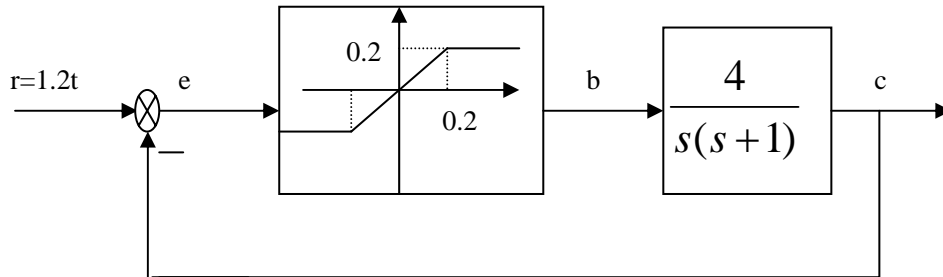
本章主要采用两种方法来分析非线性系统，即相平面法和描述函数法。相平面法适合分析平衡点（平衡段）的稳定性，描述函数法适合于分析非线性系统的周期运动，有时亦可通过对周期运动稳定性的分析，来分析使系统稳定的扰动幅值范围。如

非线性系统如图所示，用描述函数法分析系统中是否有自振发生（要求作图说明），并确定使系统稳定工作的（非线性部件输入端振荡幅值  $x$  的）初始范围。

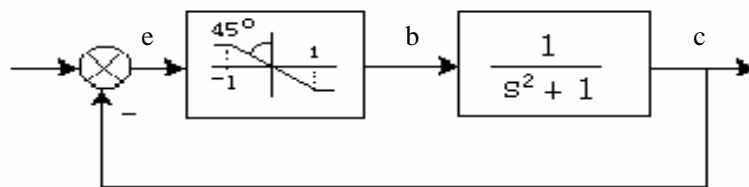


## b)讨论题

1、非线性系统如图所示，图中  $r(t) = 1.2t$  ( $t > 0$ )。在相平面  $(e, \dot{e})$  上作出相轨迹概图，并定性说明系统误差  $e$  的变化规律。



2、非线性系统结构如图所示，



(1) 用相平面方法分析该系统是否存在周期运动；

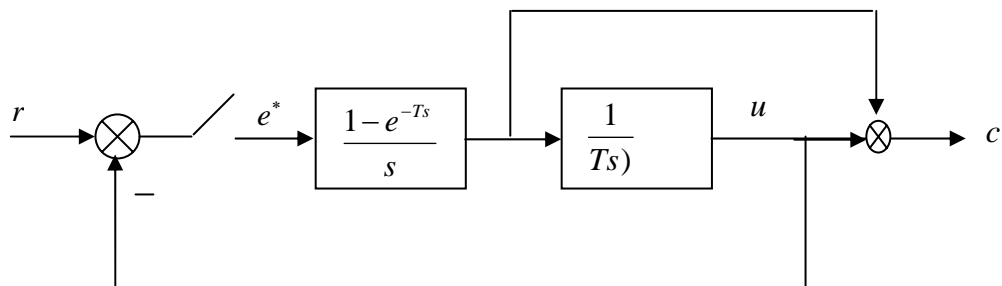
(2) 若存在周期运动，分析该周期运动是否稳定，并计算在初始条件为  $c(0) = 1, \dot{c}(0) = 1$  时的周期是多少？

## (八) 采样系统理论

### a)思考题

采样系统的结构图如图所示。设输入为  $r(t) = \delta(t)$  (即  $r(t) = 1, t=0, r(t) = 0, t \neq 0$ )，求出  $u^*(t)$

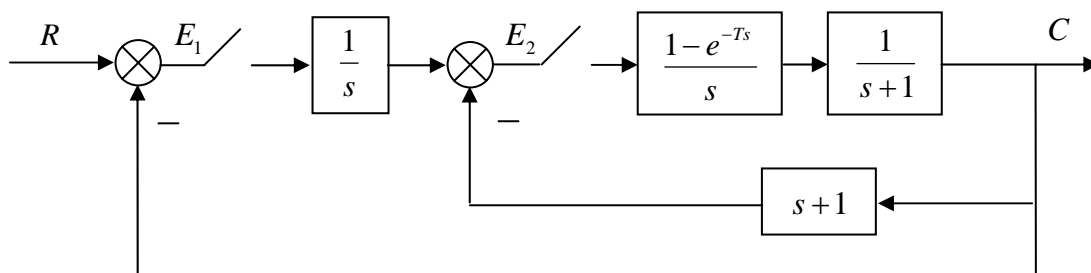
和  $c(t)$  的拉氏变换式  $C(s)$ 。



## b)讨论题

1、采样系统结构如图所示，采样周期  $T=1$  秒，求出闭环系统脉冲传递函数，且判断闭环系统的稳定

性。



### (九) 状态空间分析方法

#### a) 思考题

##### 判断题

- (1) 由于等价动态方程具有同一传递函数，故不等价的动态方程一定 传递函数不同。( )
- (2) 单变量系统 (A、b、c)，若 b 的每一个元素均不为零且彼此都不相等，则意味着控制输入可以独立地作用到每一个状态变量上，所以该系统可控。( )
- (3) 单变量系统 (A、b、c) 不可控，则该系统一定是不稳定的。( )
- (4) 状态反馈不改变可控性。( )
- (5) 单输入、单输出的对象 (A、b、c) 可控可观，但由此对象加上 观测器、状态反馈组成的闭环系统是不可控的。( )

#### b) 讨论题

1、已知传递函数  $G(s) = \frac{s+2}{2s^3+2s^2+3s+a}$  (a 为可变的实常数)

(1) 直接写出  $G(s)$  的可控标准形实现。

(2) 直接写出  $G(s)$  的可观标准形实现。(3) 问可变的实常数 a 取何值时，(1)，(2) 中的两个三解实现之间代数等价？a 取何值时 (1)，(2) 中的两个三阶实现之间没有代数等价关系。