

1. 二阶非线性系统 $\ddot{x} - (2 - x^2)\dot{x} + 3x = 0$ 相轨迹上切线斜率为 1 的所有点构成的曲线方程为_____。
2. 给定一个连续时间线性系统，若它是能控的，则其离散化状态空间模型___（是/不是）能控的；若它是不能观的，则其离散化状态空间模___（是/不是/不一定是）能观的。
3. 在频域设计中，一般地说，开环频率特性的___频段表征了闭环系统的稳态性能；开环频率特性的___频段表征了闭环系统的动态特性；开环频率特性的___频段表征了闭环系统的抗干扰能力。
4. 对于单位反馈连续系统，增加开环___会使系统的根轨迹向左移动；增加开环___会使根轨迹向右移动。
5. 开环频域性能指标与闭环频域性能指标有着对应关系，开环频域性能指标中的___对应闭环频域性能指标闭环带宽 ω_b ，它们反映了系统动态过程的___；开环频域性能指标中的___对应闭环频域性能指标相对谐振峰值 M_r ，它们反映了系统动态过程的___。

二、简答题

1. (3分) 怎样的单输入单输出连续时间系统的状态空间实现是能控且能观的？
2. (4分) 谈一谈对描述函数的理解？
3. (4分) 在基于频率特性的校正方法有哪几种？它们的特点是什么？
4. (5分) 给定如下二阶线性系统

$$\ddot{x} + 5\dot{x} + 4x = 0$$

该系统存在两条特殊的相轨迹：这两条相轨迹也是该系统的等倾线。请求出这两条特殊相轨迹的方程，并在相平面上画出这两条相轨迹。

三、(10分) 某控制系统的状态空间描述如下

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u = Ax + bu \\ y &= [1 \quad -1 \quad 1]x = cx \end{aligned}$$

判断系统的能控性和能观性。

四、(8分) 某单位反馈系统的开环传递函数为

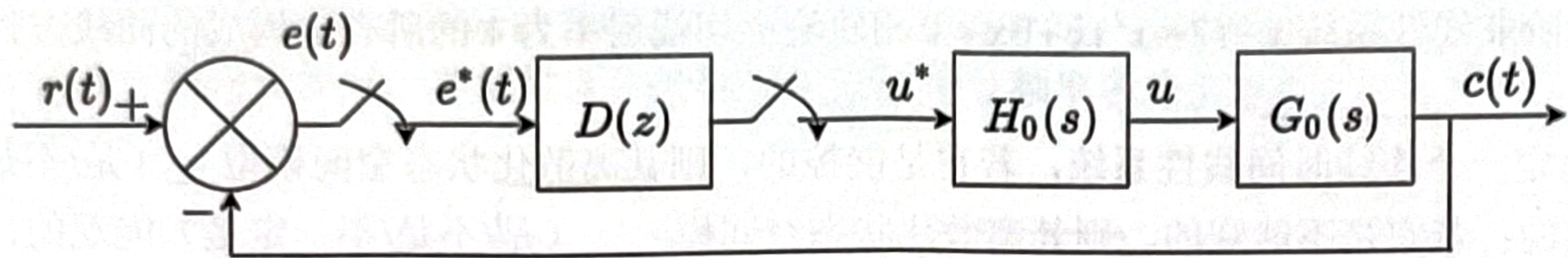
$$G_0(s) = \frac{10}{s(0.2s+1)(0.5s+1)}$$

要求校正后系统相角裕度 $\gamma > 45^\circ$ ，幅值裕度不小于 6dB，试确定串联校正的类型，并进行设计。

五、(10分) 设离散系统如下图所示，其中 $H_0(s)$ 为零阶保持器，采样周期为 $T=1s$ ，

$$G_0(s) = \frac{K}{s}$$

试求当 $r(t) = R_1 1(t) + R_2 t$ 时，系统无稳态误差，过渡过程在最小拍内结束的 $D(z)$ 。



六、(10分) 设某单位负反馈系统的开环传递函数为

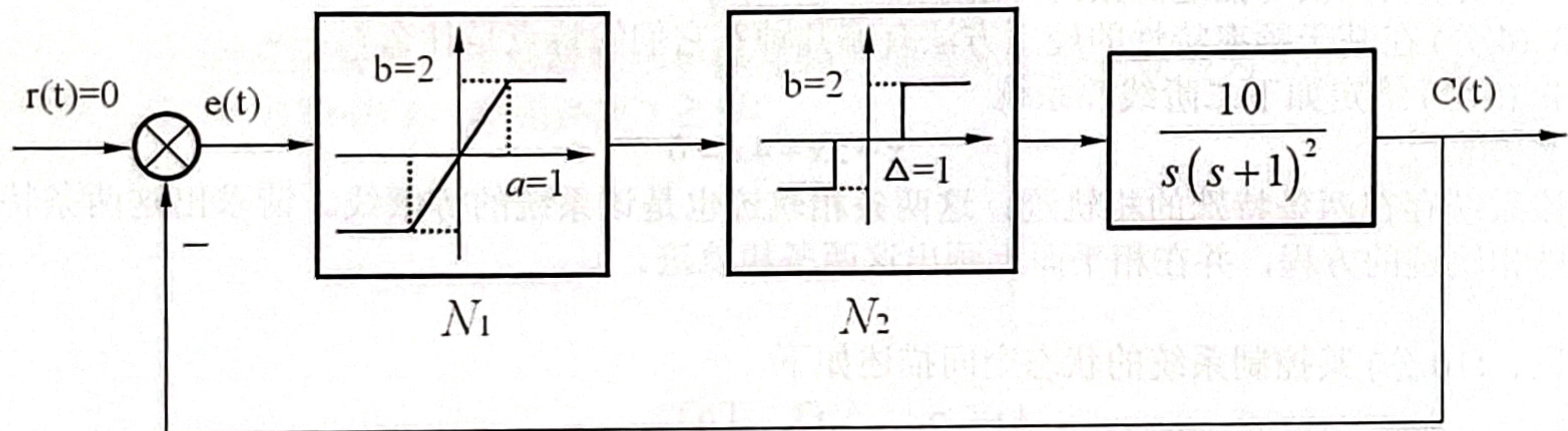
$$G_0(s) = \frac{K}{s(0.12s+1)(0.02s+1)}$$

要求校正后系统静态速度误差系数大于等于 70 s^{-1} , 最大超调小于等于 40% , 调节时间小于 1 s 。试采用期望频率特性法设计串联校正网络。

七、(10分) 已知某非线性系统的结构图如图 2 所示, 试用描述函数法分析系统的稳定性。若系统存在自激振荡, 则求出自激振荡的频率和振幅。

$$\text{已知: } N_1 = \frac{2K}{\pi} \left[\arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \left(\frac{a}{A}\right)^2} \right], A \geq a$$

$$N_2 = \frac{4b}{\pi A} \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta}{A}\right)^2}, A \geq \Delta$$



八、(10分) n 阶线性定常系统的状态方程和输出方程为:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = cx$$

若用 $x = Pz$ 对系统进行线性变换, 试对下面两个问题进行分析 (要求给出分析过程)。

(1) 线性变换是否改变 u 到 y 的传递函数矩阵? (5分)

(2) 线性变换是否改变系统的可控性? (5分)

九、(14分) 某单位反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{K}{s(0.1s+1)(0.2s+1)}$$

采用频率校正法设计串联校正装置, 使得系统开环增益 $K=30 \text{ s}^{-1}$, 系统截止频率 $\omega_b = 12 \text{ rad/s}$, 相角裕度 $\gamma \geq 40^\circ$ 。不要采用期望频率校正方法。

1. 一般系统的位置误差是___信号所引起的输出位置上的误差。
2. 已知系统的开环传递函数为 $\frac{100}{(0.1s+1)(s+5)}$,则系统的开环增益是___。
3. 对自动控制系统得基本要求可以概括为三个方面, 即___、快速性、___。
4. ___和___是最优控制器和最优估计器的设计基础。
5. 由闭环控制系统的特征方程确定的系统稳定的充要条件是___。

二、简答题

1. (3分) 具有正相位裕度的负反馈系统一定是稳定的吗?
2. (4分) 相位裕度和幅值裕度的几何意义和物理意义?
3. (4分) 典型的非线性特征有哪一些, 请画出他们的简图。
4. (4分) 二阶系统的性能指标中, 如果要减少最大超调量, 其余性能有何影响?
5. (5分) 增添系统的开环增益, 对闭环系统的性能有如何的影响?

三、(10分) 设线性定常系统为

$$\dot{x} = Ax + bu$$

$$A = \begin{bmatrix} \lambda & 0 & 0 \\ 0 & \lambda & 1 \\ 0 & 0 & \lambda \end{bmatrix}$$

而且 $\lambda \neq 0$ 。试问能否取合适的 $b \in \mathbb{R}^3$, 使系统是状态完全能控的。若能控, 给出 b 的选取方法; 若不能控, 说明理由。

四、(8分) 某单位反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{10}{s(s+1)(s+2)}$$

要求校正后系统的开环增益为 5, 系统相角裕度 $\gamma \geq 40^\circ$, 幅值裕度不小于 10dB, 试确定串联校正的类型, 并进行设计。

五、(10分) 设某单位负反馈离散系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{1 - e^{-T_0 s}}{s} \cdot \frac{10}{s(s+1)}$$

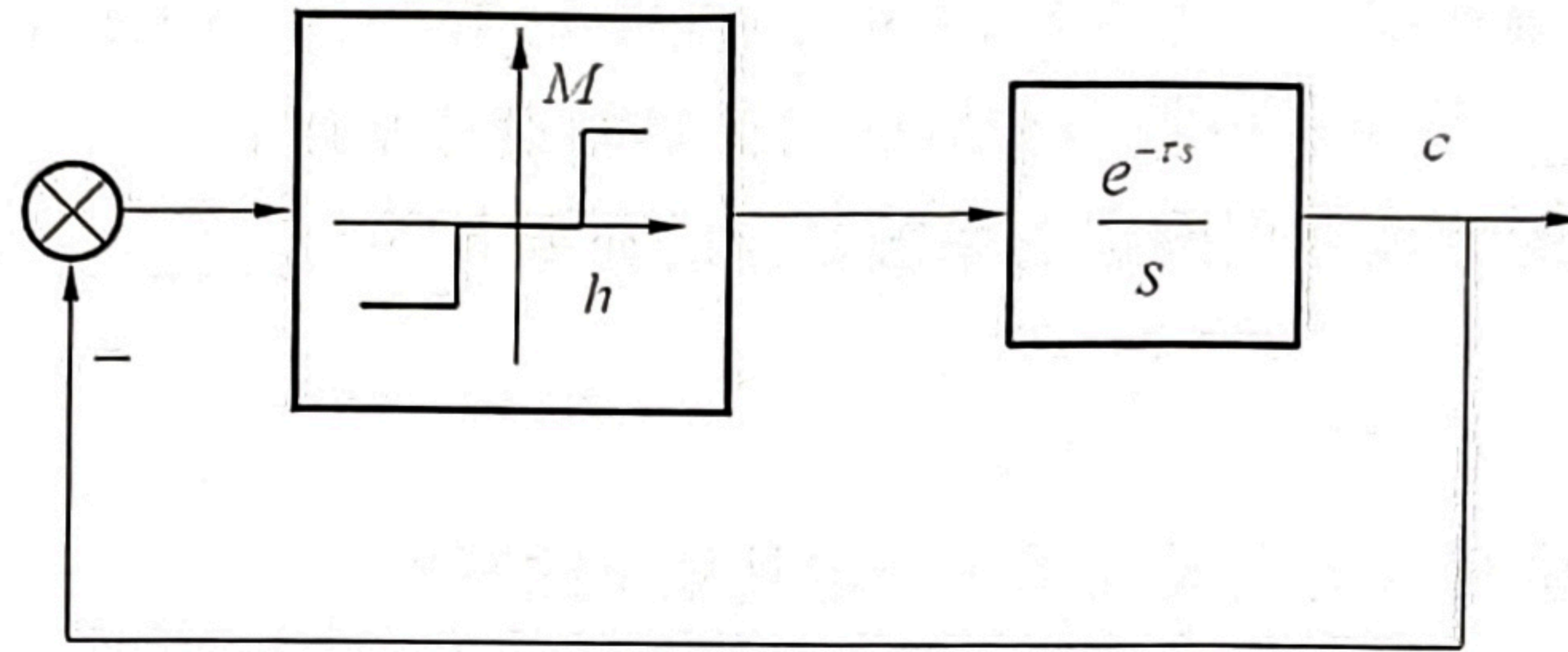
式中 $T_0 = 1s$ 为采样周期。试确定在匀速输入信号 $r(t) = t$ 作用下, 使校正后系统响应输入信号时既无稳态误差又能在有限拍内结束的串联校正环节的脉冲传递函数 $D(z)$ 。

六、(10分) 设某单位负反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{8}{s(s+2)}$$

要求校正后系统在信号 $r(t) = t$ 的作用下的稳态误差为 0.05, 系统的开环剪切频率为 $\omega_c \geq 10 \text{ rad/s}$, 相角裕度 $\gamma \geq 40^\circ$, 设计串联校正网络。

七、(10分) 已知图 2 所示的非线性系统，试求延迟时间 τ 为何值时，会使系统产生临界自振？临界自振时，非线性元件输入信号的振幅及频率各为多少？



八、(10分) 根据系统的开环传递函数

$$G(s)H(s) = \frac{2e^{-\tau s}}{s(1+s)(1+0.5s)}$$

绘制系统的 Bode 图，并确定能使系统稳定的 τ 范围。

九、(14分) 某单位反馈系统的开环传递函数为

$$G_0(s) = \frac{2}{s(s+1)(0.02s+1)}$$

设计一个串联校正装置，使得跟踪单位斜坡输入信号时的稳态误差为 0.01，开环剪切频率为 $0.6 \leq \omega_c \leq 1 \text{ rad/s}$ ，相角裕度 $\gamma \geq 40^\circ$ 。