



自动控制原理速成课

• 考点解析:

- 校正系统的分类 (填空题4-6分) 5种
- 设计校正系统 (选择、填空、大题12-15分) ☆☆☆
- 串联超前校正
- 串联滞后校正
- 串联超前-滞后校正 (期末不考设计题, 只有考研会考)
- PID调节方式的特点 (速记)
- 考查 选择合适的校正方式

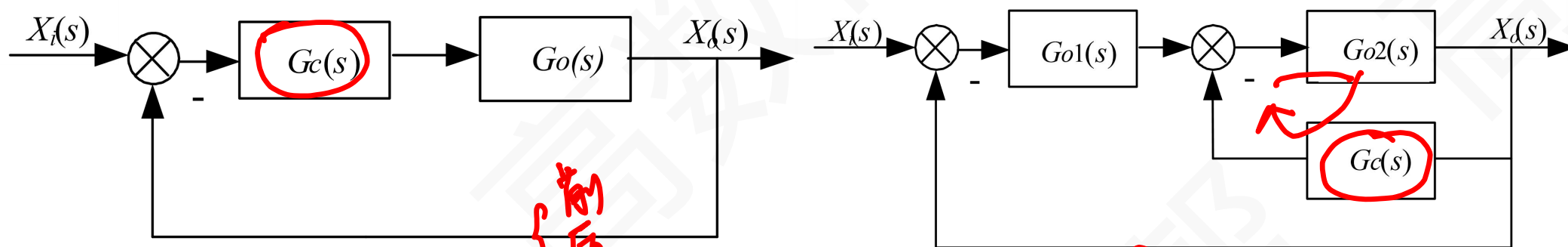
新制
Bode



视频讲解更清晰
仅5小时

5.1 线性系统的性能与校正

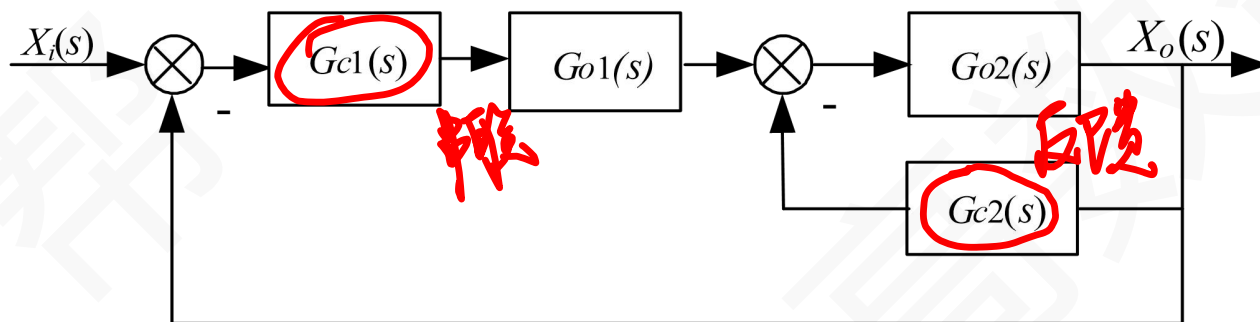
$G_c(s)$ **校正**: 采用适当方式, 在系统中加入一些校正装置, 用以改变系统结构, 进一步提高系统的性能, 使系统满足指标要求。
 $\gamma = 45^\circ$, $\varphi_L \rightarrow \gamma = 18^\circ < 45^\circ$



① 串联校正

前后串联

② 反馈校正

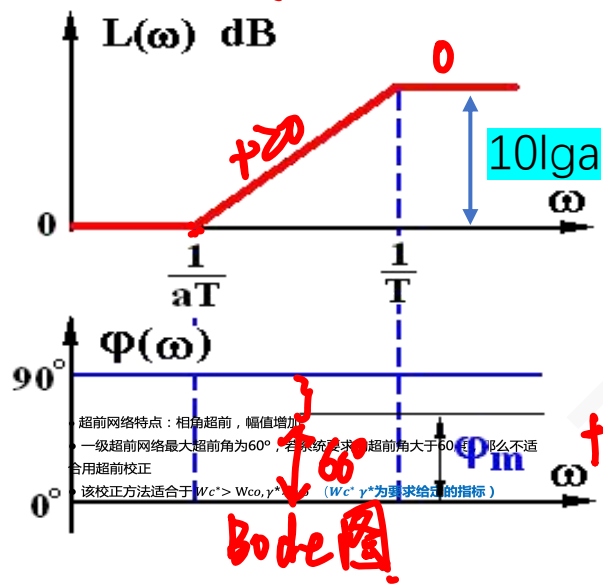


前馈校正

(填空题) 校正方式: 串联校正, 反馈校正, 复合校正

5.2 校正方法一：串联超前校正

大是题重点



传递函数 $G_c(s) = \frac{aTs+1}{Ts+1}$

$\frac{1}{aT} +20$

$\frac{1}{T} -20$

$\gamma_0 = -50$

$\gamma^* = 30$

72°

$\gamma^* - \gamma_0 = 80^\circ > 60^\circ$

故不合适

- 超前网络特点：相角超前，幅值增加 $+20dB$ (填写)

- 一级超前网络最大超前角为 60° ，若系统要求的超前角大于 60° ，那么不适合用超前校正

- ★ 该校正方法适合于 $\underline{W_c^*} > \underline{W_{c0}}, \gamma^* > \underline{\gamma_0}$ ($\underline{W_c^*}, \underline{\gamma^*}$ 为要求给定的指标)

5.2 校正方法一：串联超前校正

★ 超前校正步骤 (设给定指标为 e_{ss}^* , ω_c^* , γ^*)

0 $\frac{1}{1+k}$ ∞ ∞
 $\frac{0}{0}$ $\frac{0}{0}$ $\frac{1}{k}$ $\frac{1}{k}$
 $e_{ss} = \frac{1}{1+k}$

① 由稳态误差 $e_{ss}^* \rightarrow K$

给定指标 相角裕度

② 计算初始指标 $G_0(s) \rightarrow L_0(\omega) \rightarrow \omega_{c0} \rightarrow \gamma_0$ 发现 W_{c0} 和 γ_0 均不足 少了 \rightarrow 超前

③ 确定参数 $\varphi_m = \gamma^* - \gamma_0 + (5^\circ \sim 10^\circ)$ $a = \frac{1 - \sin \varphi_m}{1 + \sin \varphi_m}$, $T = \frac{1}{\sqrt{a} \cdot \omega_c^*}$

1. 超前 初始

2. 超前

估算

2. 或者用新的 ω_c^* , $L(\omega_c^*) = -10 \lg a$, 推出 a ,
 然后 ω_c^* , 进而再求 T

新

$20 \lg G_0(j\omega_c) = X$

$-10 \lg a = X \Rightarrow a \Rightarrow T = \frac{1}{\sqrt{a} \cdot \omega_c^*}$

④ 校正环节设计 $G_c(s) = \frac{aTs+1}{Ts+1}$

a.T.

⑤ $G(s) = G_c(s) \cdot G_0(s)$ 验算 W_c 和 γ 是否满足要求

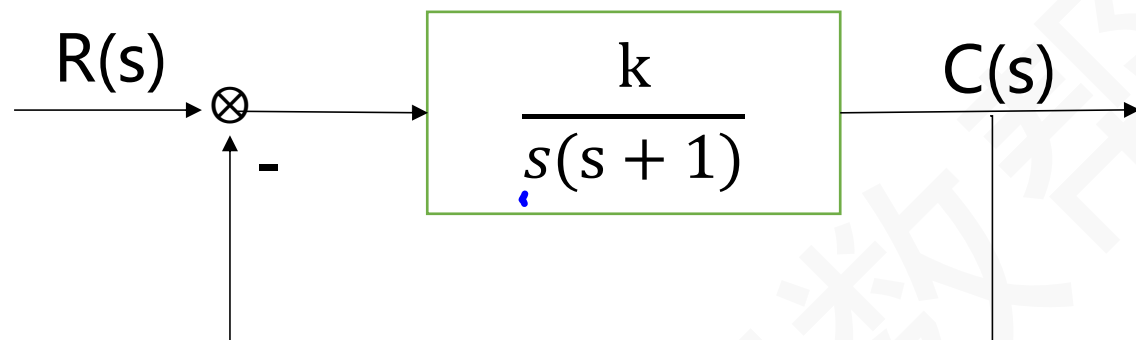
超前

初始

$\omega_c \geq \omega_c^*$
 $\gamma \geq \gamma^*$

5.2 校正方法一：串联超前校正练习

高数帮



0
I
I

$$\frac{1}{1+k}$$

$$\frac{1}{k}$$

$$\frac{1}{k}$$

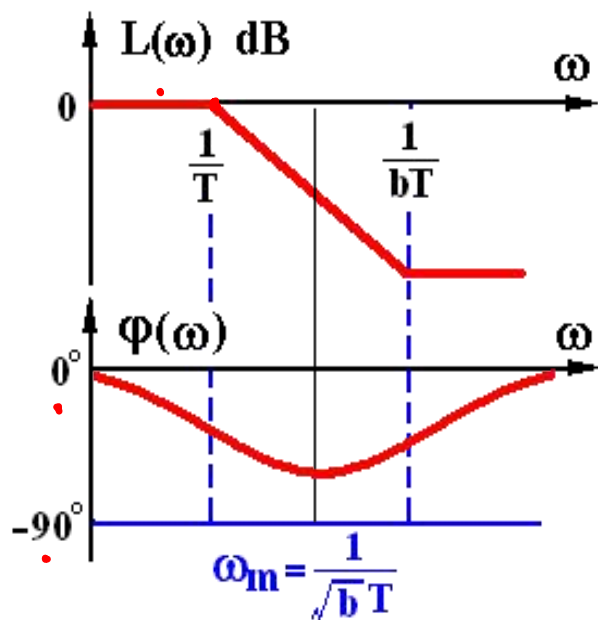
题目：要求系统在单位斜坡的输入信号作用下，稳态误差 $e_{ss} \leq 0.1$ ，开环截止频率 $\omega_c \geq 4.2 \text{ rad}$ ，相角裕度 $\gamma \geq 45^\circ$ 。

1. 先确定开环增益K

$$e_{ss} = 1/K_v \leq 0.1 \rightarrow kv \geq 10, \text{这里直接取 } 10$$

2. 计算初始指标 -> 见onenote

5.2 校正方法二：串联滞后校正



$$G_c(s) = \frac{bTs + 1}{Ts + 1}$$

1. 滞后网络特点：相角滞后，幅值衰减

2. 适用于： W_c 有余，而 γ_0 不足

3. 作用：系统的 W_c 减小，所以响应会变慢

设计：
 $W_{\infty} = 5$
 $W_{cl} = 3$

$\gamma_0 = 30^\circ$
 $\gamma_0^* = 45^\circ$

(3dB/dec)

$\rightarrow \sigma \rightarrow \text{阻尼} \uparrow$

5.2 校正方法二：串联滞后校正

滞后校正步骤 (设给定指标为 e_{ss}^* , ω_c^* , γ^*)

- 同 ① 由稳态误差 $e_{ss}^* \rightarrow K$
- 同 ② 计算初始指标 $G_0(s) \rightarrow L_0(\omega) \rightarrow \omega_{c0} \rightarrow \gamma_0$, (发现 W_c 有余 而 γ_0 不足)
- ③ 确定参数
- $20\lg b + L_0(W_c^*) = 0 \Rightarrow b = \frac{1}{L_0(W_c^*)}$ $b = \frac{1}{20\lg G_0(jW_c^*)}$
 - $bT = \frac{1}{0.1W_c^*} \Rightarrow T$
- 2) 若未知新的 W_c , 则 $\gamma_c(\omega) = \gamma^* + 6^\circ \Rightarrow \omega_c$ (可解性)
- ④ 校正环节设计 $G_c(s) = \frac{bTs+1}{Ts+1}$ (b, T)
- 同 ⑤ $G(s) = G_c(s) \cdot G_0(s)$ 验算 W_c 和 γ 是否满足要求

5.2 校正方法二：串联滞后校正练习

高数帮



• 已知系统的开环传递函数为 $G_o(s) = \frac{k}{s(0.1s+1)(0.2s+1)}$

$\frac{1}{1+k}$

$\frac{1}{K}$

$\frac{1}{K}$

要求校正后系统的静态速度误差系数 $k_v = 30$, 相角裕度 $\gamma \geq 40^\circ$, $W_{c \geq 2.3}$, 试设计串联校正装置

1. 通过静态误差系数确定取 $K = 30$



视频讲解更清晰
仅5小时

5.2 串联校正填空选择考题

高数帮

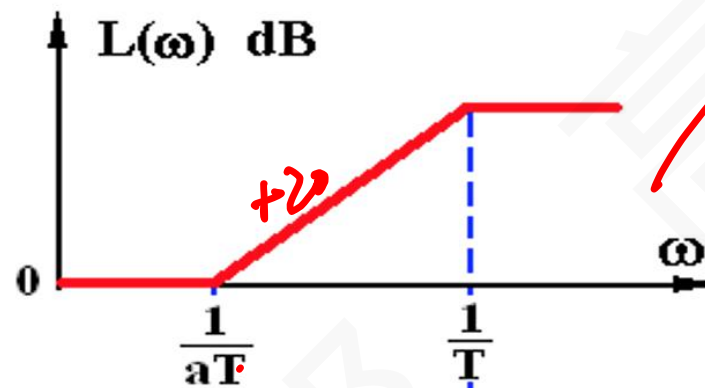


✓题1. 如图所示为某串联校正装置的bode图, 则校正方法的传递函数为_____ ,

校正方式为_____ .

$$G_c(s) = \frac{aTs+1}{Ts+1}$$

串联超前校正



题2. 若已知某串联校正装置的传递函数为 $G_c(s) = \frac{s+1}{10s+1}$, 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

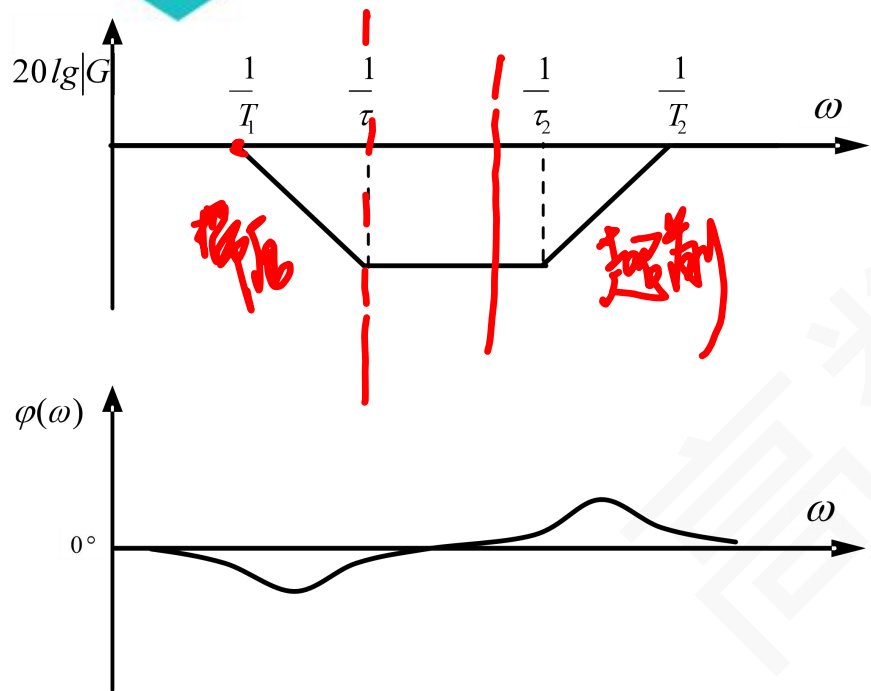
D. 相位滞后校正

答案: D

$$\frac{s}{0.1} = 10s+1$$

0.1 -20!

5.3 串联超前滞后校正



$$G_c(s) = \frac{(1 + \tau_1 s)}{(1 + T_1 s)} \cdot \frac{(1 + \tau_2 s)}{(1 + T_2 s)}$$

采用滞后-超前校正后：

由于超前环节的正相移作用，相位裕度增加。(↑60°)

由于滞后环节的高频幅值衰减性能，系统高频段增益不变，比纯粹的超前校正有更好的抗高频干扰的能力。(不会考校正，只会考填空题)

1. 超前校正

- 适合 W_{co} 和 γ_o 均不足。即要求的截止频率和相角裕度均大于系统本身

2. 滞后校正

- 适合 W_c 有余 而 γ_o 不足。即要求的截止频率小于系统本身，且相角裕度大于系统本身



视频讲解更清晰
仅5小时

5.5 PID校正

• P-比例控制, I-积分控制, D-微分控制 \rightarrow 比例 (Pro) \rightarrow 积分 (Int) \rightarrow 微分 (Der)

校正方式	表达式	作用
P 比例	K	增加开环增益, 减小稳态误差
PI 积分	$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$	采用PI校正后, 系统由0型变为1型, 改善了稳态性能 ✓
PD 微分	$G_c(s) = K_p (1 + \tau s)$	PD校正可以增大系统的相位裕度, 提高动态性能 ✓
<u>PID</u>	$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \tau s\right)$	改善了系统的 (D) 动态性能和 (PI) 稳态性能

$$K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) = \frac{T_i s + 1}{T_i s} \cdot K_p$$