

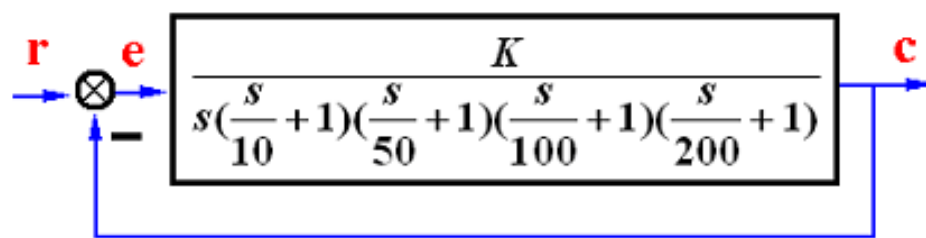


§ 5.9.4 频率法串联校正小结 (1)

(1) 串联校正方法的比较

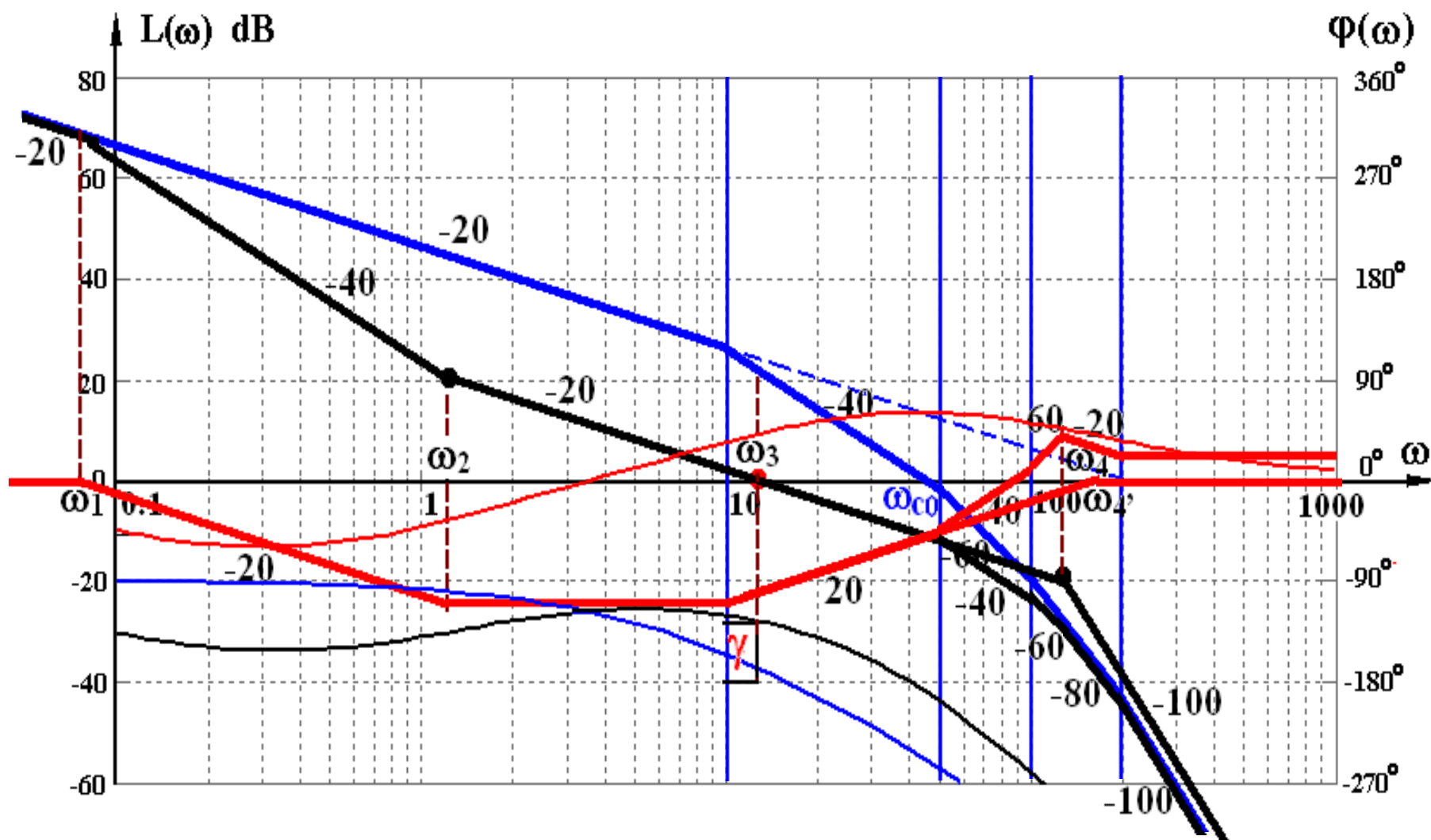
校正方法	校正网络特点	应用场合	效果
① 超前校正	幅值增加 相角超前	$\begin{cases} \omega_{c0} < \omega_c^* \\ \gamma_0 < \gamma^* \end{cases}$	$\begin{cases} \omega_c \uparrow, \gamma \uparrow \\ \text{高频段} \uparrow \end{cases}$
② 迟后校正	幅值衰减 相角迟后	$\begin{cases} \omega_{c0} > \omega_c^* \\ \gamma_0 < \gamma^* \end{cases}$	$\begin{cases} \omega_c \downarrow, \gamma \uparrow \\ \text{高频段} \downarrow \end{cases}$
③ 迟后超前	幅值衰减 相角超前	迟后超前 均不奏效	$\begin{cases} \omega_c \sim, \gamma \uparrow \\ \text{高频段} \sim \end{cases}$

§ 5.9



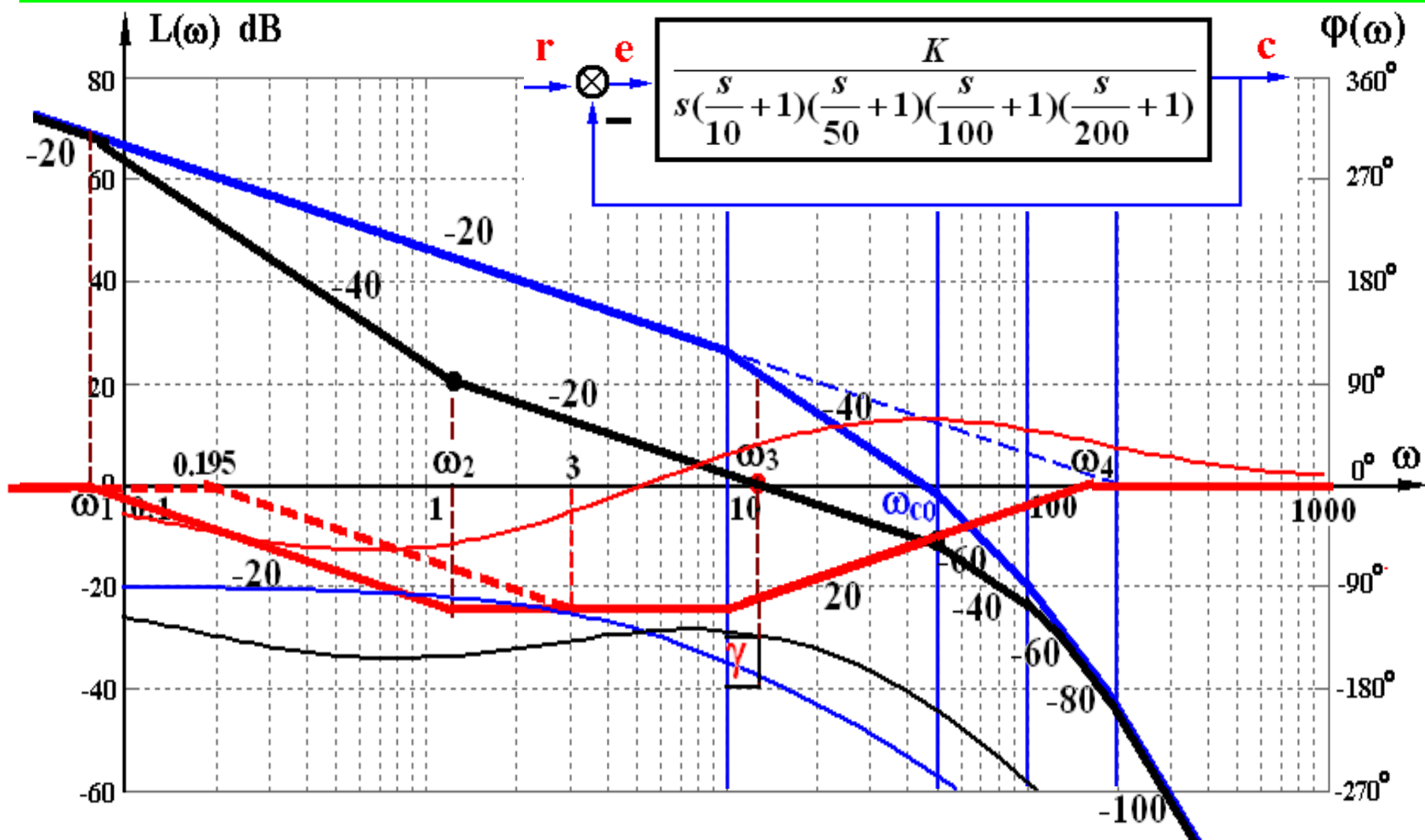
$$\begin{cases} e_{ss}^* \leq 1/200 \quad (r=t) \\ \sigma\% \leq 30\% \\ t_s \leq 0.7 \end{cases}$$

正法



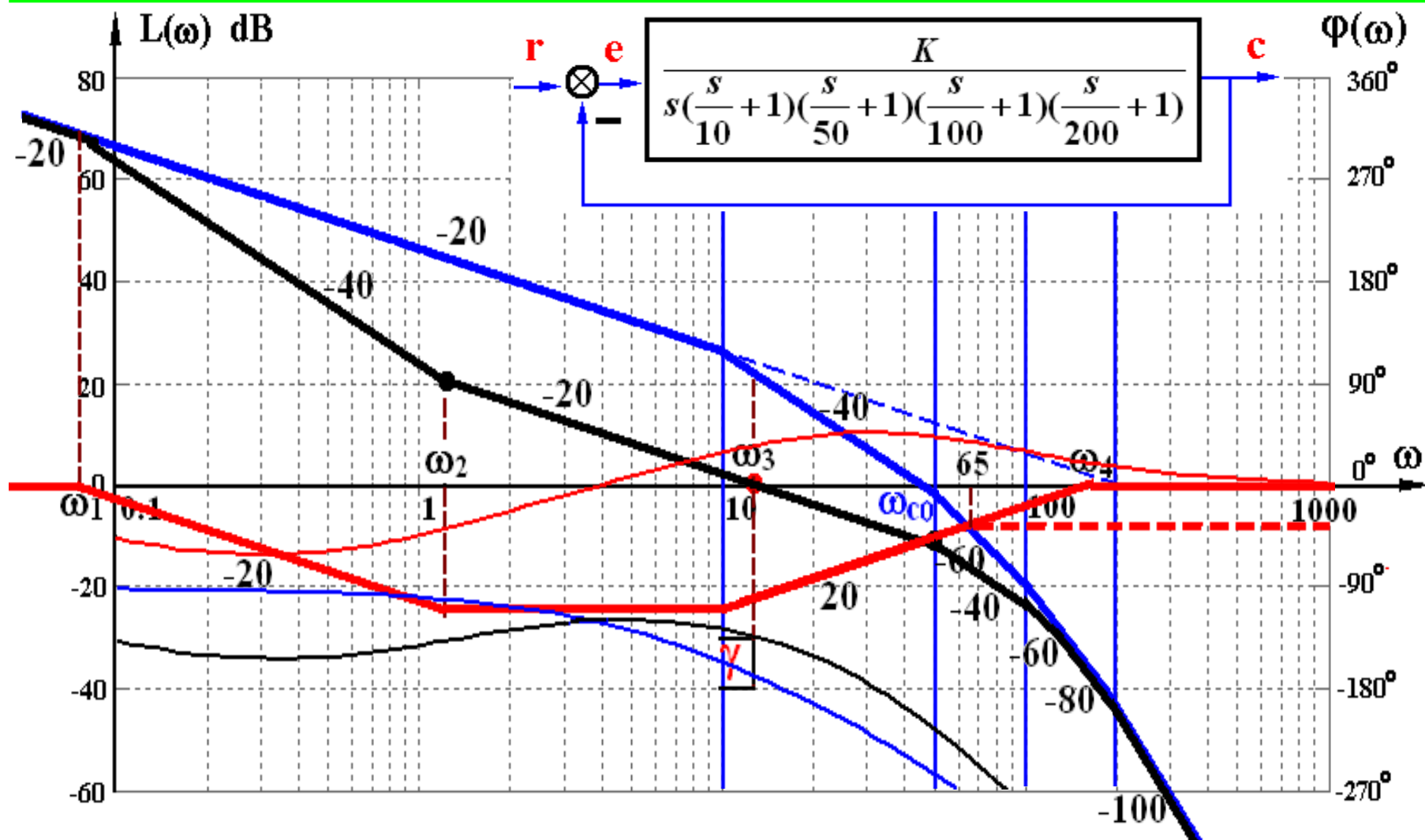


§ 5.9.3 串联迟后-超前校正 (6)



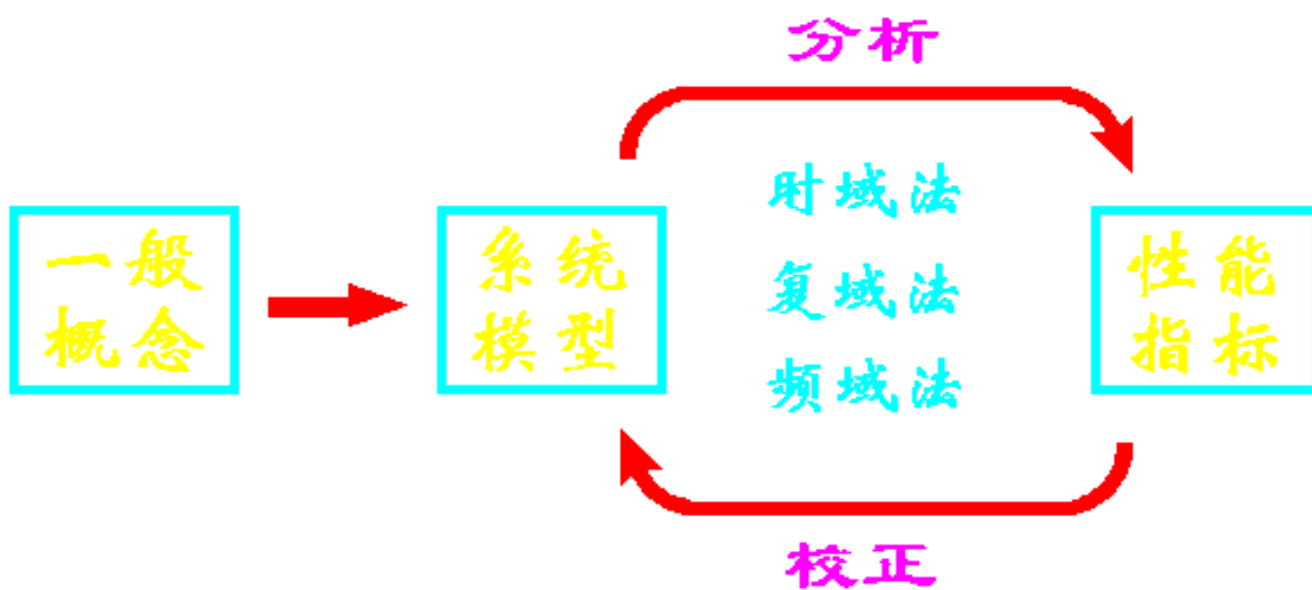


§ 5.9.3 串联迟后-超前校正 (8)





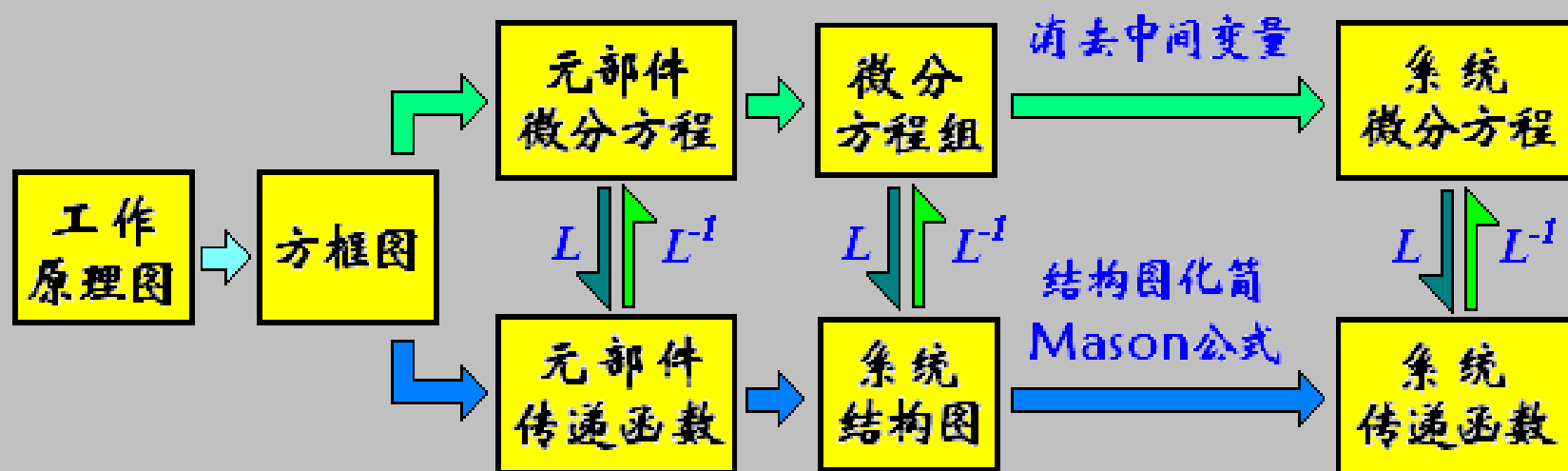
自动控制原理课程的任务与体系结构



课程的体系结构



控制系统的数学模型



系统模型及其建立过程



频域分析法小结 (1)

自动控制原理4~5章测验题

一. 单项选择题 (在每小题的四个备选答案中, 选出一个正确的答案, 将其题号写入题干的○内, 每小题1分, 共12分)

1. 已知系统开环传递函数 $G(s) = \frac{10}{(s+3)(s+a)}$

D

若要绘制系统根轨迹, 则其等效开环传递函数应该是

$$\frac{as}{s^2 + 3s + 10}$$

A

$$\frac{a(s+3)}{s^2 + 2s + 10}$$

B

$$\frac{as+3}{s^2 + 3s + 10}$$

C

$$\frac{as+3a}{s^2 + 3s + 10}$$

D



频域分析法小结 (2)

2. 给出单位负反馈系统的开环传递函数，当 $K=0 \rightarrow \infty$ 变化时，应绘制 0° 根轨迹的是

$$\frac{K^*(s-1)}{(2+s)(3+s)}$$

A

$$\frac{K^*(1-s)}{(2-s)(3+s)}$$

B

$$\frac{K^*(s-1)}{(2+s)(3-s)}$$

C

$$\frac{K^*(1-s)}{(s+2)(3-s)}$$

D

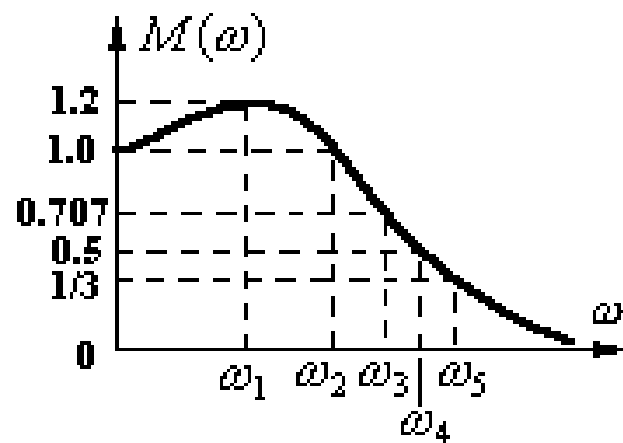
3. 闭环系统幅频特性如图所示，则系统带宽频率是

A ω_2

B ω_3

C ω_4

D ω_5



闭环幅频特性



频域分析法小结 (3)

4. 开环对数幅频特性的中频段决定



- A. 系统的型别; B. 系统的抗干扰能力;
C. 系统的稳态误差; D. 系统的动态性能。

5. 最小相角系统闭环稳定的充要条件是



- A. 奈奎斯特曲线不包围(-1,j0)点;
B. 奈奎斯特曲线包围(-1,j0)点;
C. 奈奎斯特曲线顺时针包围(-1,j0)点;
D. 奈奎斯特曲线逆时针包围(-1,j0)点。



频域分析法小结 (4)

6. 开环对数频率特性沿 ω 轴向左平移时



- A. ω_c 减小, γ 增加; B. ω_c 减小, γ 不变;
C. ω_c 增加, γ 不变; D. ω_c 不变, γ 也不变。

7. 两典型二阶系统的超调量 $\sigma\%$ 相等, 则此两系统具有相同的



- A. 自然频率 ω_n ; B. 相角裕度 γ ;
C. 阻尼振荡频率 ω_d ; D. 开环增益 K 。



频域分析法小结 (5)

8. 单位反馈系统的开环传递函数 $G(s) = \frac{16}{s(s + 4\sqrt{2})}$
其幅值裕度 h 等于

- A. 0 B. $4\sqrt{2}$ dB C. 16 dB D. ∞



9. 已知串联校正装置的传递函数为 $\frac{0.2(s + 5)}{s + 10}$
则它是

- A. 相位迟后校正; B. 迟后超前校正;
C. 相位超前校正; D. A、B、C 都不是。





频域分析法小结 (6)

10. 开环系统Bode图如图所示，对应的开环传递函数 $G(s)$ 应该是

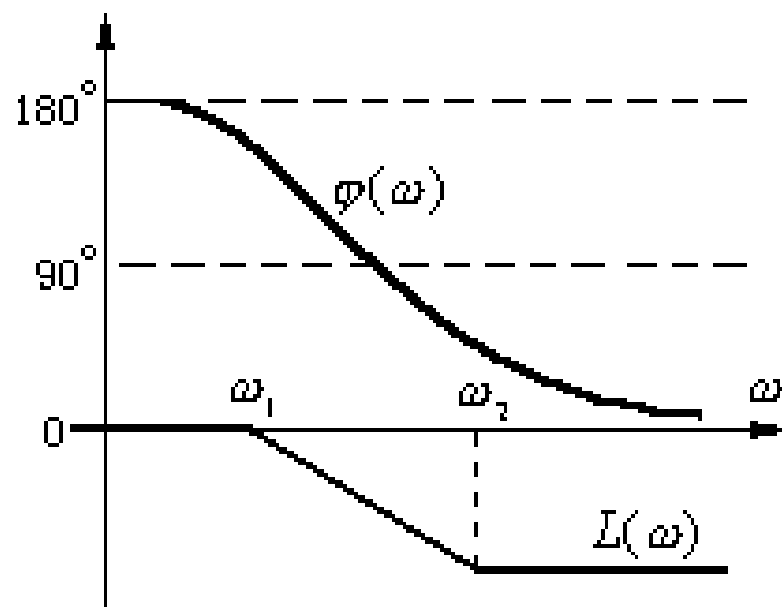


A. $\frac{\frac{s}{\omega_2} - 1}{\frac{s}{\omega_1} + 1}$

B. $\frac{\frac{s}{\omega_2} + 1}{\frac{s}{\omega_1} - 1}$

C. $\frac{\frac{s}{\omega_1} - 1}{\frac{s}{\omega_2} + 1}$

D. $\frac{\frac{s}{\omega_2} - 1}{\frac{s}{\omega_1} - 1}$



Bode图



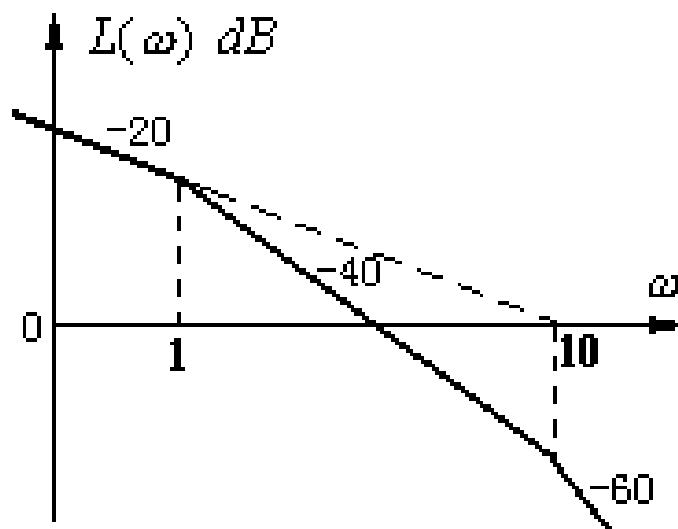
频域分析法小结 (7)



11. 单位反馈最小相角系统的开环对数频率特性如图所示，要用串联校正方式使校正后系统满足条件

$\omega_c^* \geq 4$, $\gamma^* \geq 50^\circ$ ，则应采用

- A. 超前校正；
- B. 迟后校正；
- C. 迟后-超前校正；
- D. 用串联校正方式不可能满足要求。





频域分析法小结 (8)

12. 典型二阶系统的超调量越大，反映出系统



- A. 频率特性的谐振峰值越小；
- B. 阻尼比越大；
- C. 闭环增益越大；
- D. 相角裕度越小。



频域分析法小结 (9)

二. 多项选择题(在每小题的五个备选答案中, 选出二至五个正确的答案, 将其号码写入题干的○○○○○内, 正确答案没有选全、多选或有选错的, 该题无分, 每小题2分, 共10分)

1. 系统的频率特性

☒A ☒E ☐☐☐

- A. 是频率的函数;
- B. 与输入幅值有关;
- C. 与输出有关;
- D. 与时间 t 有关;
- E. 由系统的结构、参数确定。



频域分析法小结 (10)

Ⓐ Ⓑ Ⓒ Ⓓ ○

2. 根据下列开环传递函数作 $K=0 \rightarrow \infty$ 变化的根轨迹, 应画常规根轨迹的有

A. $\frac{K^*(s-1)}{(s+2)(s+3)}$

B. $\frac{K^*(s+1)}{(s-2)(s-3)}$

C. $\frac{K^*(s+1)}{(s-2)(s+3)}$

D. $\frac{K^*(1-s)}{(s+2)(s+3)}$

E. $\frac{K^*(s+1)}{(2-s)(3-s)}$



频域分析法小结 (11)

Ⓑ Ⓒ Ⓓ Ⓔ ○

3. 最小相角系统的稳定性, 可由下列条件判定

- A. 开环零、极点分布;
- B. 闭环特征方程;
- C. 根轨迹及开环增益;
- D. 开环幅相频率特性;
- E. 开环对数频率特性。



频域分析法小结 (12)

Ⓐ Ⓑ Ⓒ Ⓓ ○ ○

4. 指出下列由闭环频率特性引出的指标

- A. 带宽频率 ω_b ;
- B. 相角裕度 γ ;
- C. 零频值 $M(0)$;
- D. 谐振峰值 ω_r ;
- E. 截止频率 ω_c 。



频域分析法小结 (13)

5. 若为最小相角系统, 则有

Ⓐ Ⓑ Ⓓ ○ ○

- A. 根据对数幅频特性, 可以唯一地确定其对数相频特性;
- B. 根据开环对数幅频特性, 可以唯一地确定其开环传递函数;
- C. 根据开环对数幅频特性曲线, 借助于尼柯尔斯图线, 可以作出相应的闭环对数频率特性曲线;
- D. 根据开环频率特性, 可以确定闭环系统的稳定性;
- E. 根据开环对数幅频特性, 可以唯一地确定闭环传递函数。



频域分析法小结 (12)

5. 典型欠阻尼二阶系统，

☒ B ☒ D ☐ C ☐ A ☐ E

当开环增益K增加时，系统

- A. 阻尼比 ξ 增大，超调量 $\sigma\%$ 增大；
- B. 阻尼比 ξ 减小，超调量 $\sigma\%$ 增大；
- C. 阻尼比 ξ 增大，超调量 $\sigma\%$ 减小；
- D. 无阻尼自然频率 ω_n 增大；
- E. 无阻尼自然频率 ω_n 减小。



频域分析法小结 (15)

Ⓐ Ⓒ Ⓔ ○ ○

7. 指出下列由开环频率特性引出的指标

- A. 幅值裕度 h ;
- B. 谐振频率 ω_r ;
- C. 截止频率 ω_c ;
- D. 带宽频率 ω_b ;
- E. 相角裕度 γ 。



频域分析法小结 (16)

8. 若为非最小相位系统，则有

☒ B ☒ D ☐ C ☐ A ☐ E

- A. 画根轨迹时，应作零度根轨迹；
- B. 一定存在一个使闭环系统不稳定的开环增益的取值范围；
- C. 对应的闭环系统一定不稳定；
- D. 其相频特性相角变化的绝对值一般不小于最小相位系统相角变化的绝对值；
- E. 根据对数幅频特性可以确定系统的传递函数。



频域分析法小结 (17)

©D E ○ ○

9. 典型二阶系统，当 $\xi=0.707$ 时，无阻尼自然频率 ω_n ，阻尼振荡频率 ω_d 以及谐振频率 ω_r 之间的关系是

A. $\omega_r > \omega_n$

B. $\omega_d > \omega_n$

C. $\omega_n > \omega_d$

D. $\omega_d > \omega_r$

E. $\omega_n > \omega_r$



频域分析法小结 (18)

10. 对三频段理论，以下论述错误的有 **ⒶⒷⒸⒹⒺ**
- A. 只要低频段设计得足够高，稳态误差就可以充分小；
 - B. 中频段以 -20dB/dec 的斜率穿越 0dB 线，就可以保证闭环系统的稳定性；
 - C. 高频段越低，高频信号经过开环系统后衰减越多，即开环系统抗高频干扰的能力就越强；至于闭环系统抗高频干扰能力是否强，则要看闭环频率特性高频段是否足够低；
 - D. “三频段理论”为我们提供了串连校正的具体方法；
 - E. 中频段穿越 0dB 线的 -20dB/dec 线段向两端拉得越长，系统动态性能（ $\sigma\%$ ， t_s ）就越好。



频域分析法小结 (19)

三. 概念题

1. 闭环系统传递函数为 $\Phi(s) = \frac{K_b \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$

已知 $r(t) = 1(t)$ 时, 系统动态性能为

$$t_p = 2'', \quad \sigma\% = 5\%, \quad t_s = 1.5''$$

试确定当 $r(t) = \begin{cases} 10 \times 1(t) \\ 5t \end{cases}$ 时,

系统动态性能指标分别是多少?



频域分析法小结 (20)

2. 已知单位反馈系统的闭环传递函数为

$$\Phi(s) = \frac{K_0}{s(s+a)} \quad a > 0, \quad K_0 > 0$$

- (1) 系统的开环增益 = ?
- (2) 系统是几型系统?
- (3) 静态误差系数 K_p, K_v, K_a = ?
- (4) $r(t) = 1(t)$ 时, 系统的稳态误差 e_{ss} = ?



$$\Phi(s) = \frac{K_0}{s(s+a)}$$

频域分析法小结 (21)

解.

$$(1) \quad G(s) = \frac{\Phi(s)}{1 - \Phi(s)} = \frac{\frac{K_0}{s(s+a)}}{1 - \frac{K_0}{s(s+a)}} = \frac{K_0}{s(s+a) - K_0} = \frac{K_0}{s^2 + as - K_0}$$

$$K = 1$$

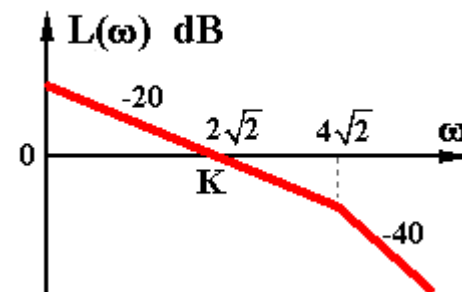
$$(2) \quad \nu = 0$$

$$(3) \quad \begin{cases} K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s) = -1 \\ K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s) = 0 \\ K_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s) = 0 \end{cases}$$

(4) 系统不稳定，求稳态误差无意义。



频域分析法小结 (2)



四. 分析计算题

1. 单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s) = \frac{16}{s(s + 4\sqrt{2})}$,
试估算下列各性能指标值:

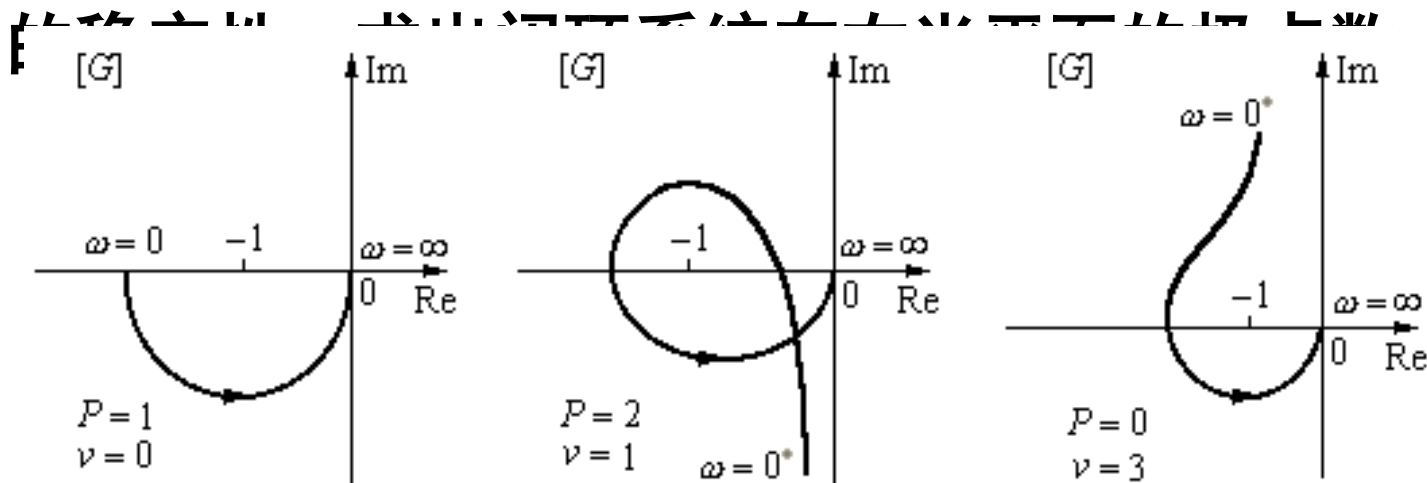
- | | |
|---|---|
| ① 超调量 $\sigma\% = 4.32\%$ | ⑥ 相角裕度 $\gamma = 90^\circ - \tan^{-1} \frac{2\sqrt{2}}{4\sqrt{2}} = 63.4^\circ$ |
| ② 调节时间 $t_s = \frac{3.5}{2\sqrt{2}}$ | ⑦ 幅值裕度 $h = \infty$ |
| ③ $r(t)=1(t)$ 时, $e_{ss} = 0$ | ⑧ 谐振频率 $\omega_r = 0$ |
| ④ $r(t)=t$ 时, $e_{ss} = \frac{\sqrt{2}}{4}$ | ⑩ 带宽频率 $\omega_b = \omega_n = 4$ |
| ⑤ 截止频率 $\omega_c = 2\sqrt{2}$ | |

$$\omega_b = \omega_n \sqrt{1 - 2\xi^2} + \sqrt{2 - 4\xi^2 + 4\xi^4}$$



频域分析法小结 (23)

2. 已知开环系统的幅相特性如下图所示，试判断闭环系统



解. (1) $Z = P - 2N = 1 - 2 \times (1/2) = 0$

(2) $Z = P - 2N = 2 - 2 \times (1) = 0$

(3) $Z = P - 2N = 0 - 2 \times (0) = 0$



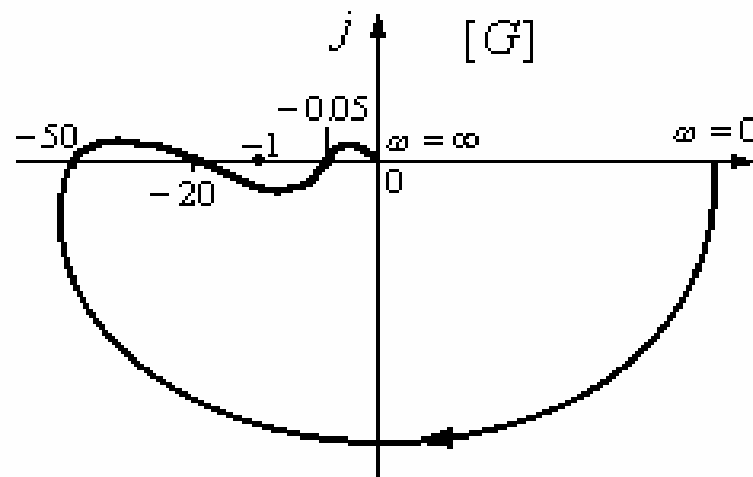
频域分析法小结 (24)

3. 假设当 $K=100$ 时，系统开

环幅相特性如图所示。已知

半 s 平面的开环极点数 $P=0$,

试确定使系统稳定的开环



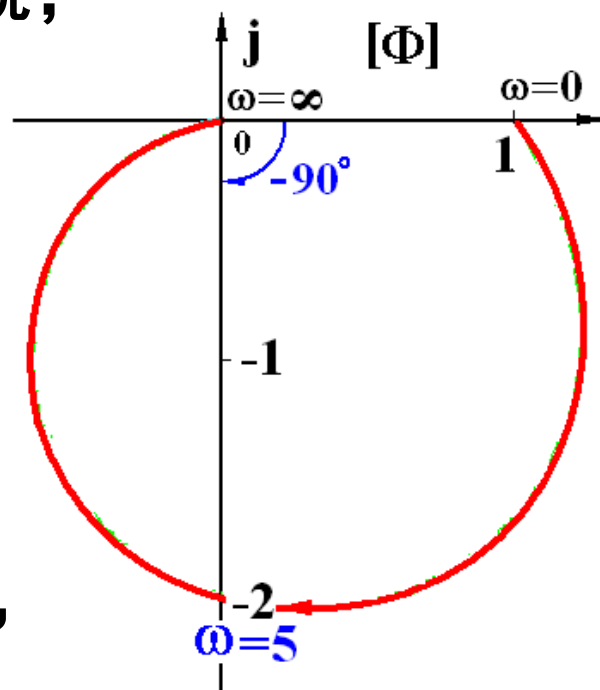
解. 增 ω 试确定使系统稳定的开环

ω	$ G(j\omega) _{K=100}$	$ G(j\omega) =1$ (临界)	0	} 稳定
ω_{50}	$ G(j\omega_{50}) =50$	$K_{\omega_{50}} = \frac{100}{50} = 2$	2	
ω_{20}	$ G(j\omega_{20}) =20$	$K_{\omega_{20}} = \frac{100}{20} = 5$	5	} 稳定
$\omega_{0.05}$	$ G(j\omega_{0.05}) =0.05$	$K_{\omega_{0.05}} = \frac{100}{0.05} = 2000$	2000	



频域分析法小结 (25)

4. 单位反馈的典型欠阻尼二阶系统，
校正前闭环幅相特性如图所示。



(1) 求校正前系统的截止频率 ω_{c0} ，
相角裕度 γ_0 及动态性能 $\sigma\%$ 和 t_s ；

(2) 若采用串联校正装置 $G_C(s) = \frac{2.5}{\frac{s}{40} + 1}$ ，

求校正后系统的 ω_c ， γ ， $\sigma\%$ 和 t_s 。

解题