



华南理工大学
South China University of Technology

自动控制原理第十一次习题讲解

主讲人：宋家骏



5-5 设系统的开环传递函数如下，试分别绘制个系统的开环对数幅频特性（渐近线）。

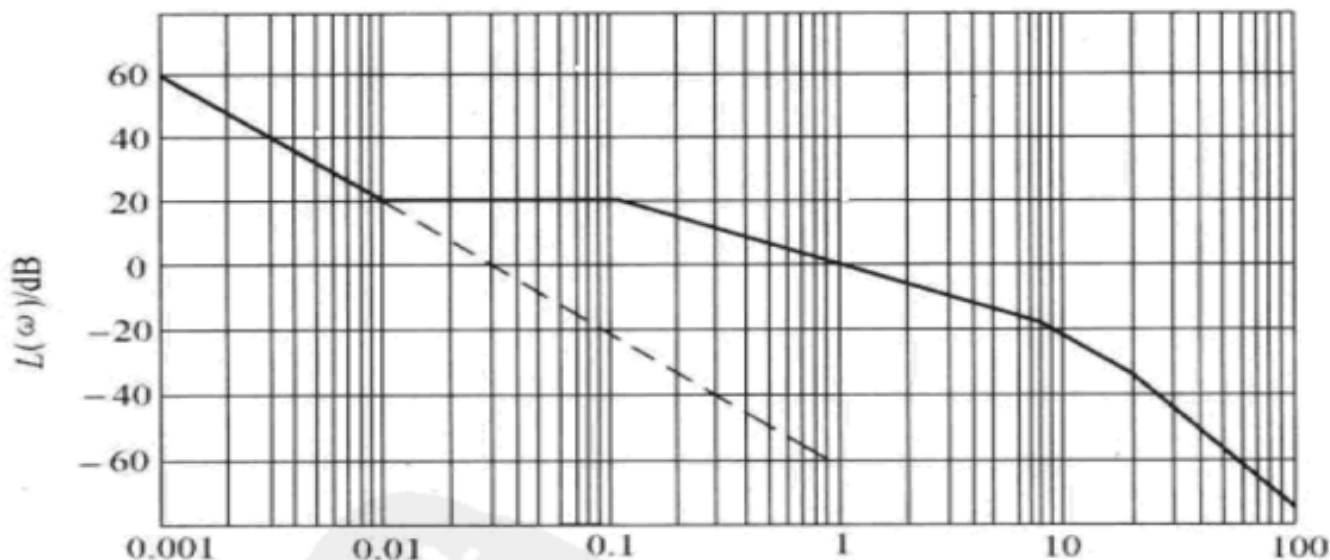
$$(1) G_1(s) = \frac{2}{(2s+1)(8s+1)}$$

$$(2) G_2(s) = \frac{100}{s(s^2+s+1)(6s+1)}$$

$$(3) G_3(s) = \frac{10}{(0.25s+1)(0.25s^2+0.4s+1)}$$

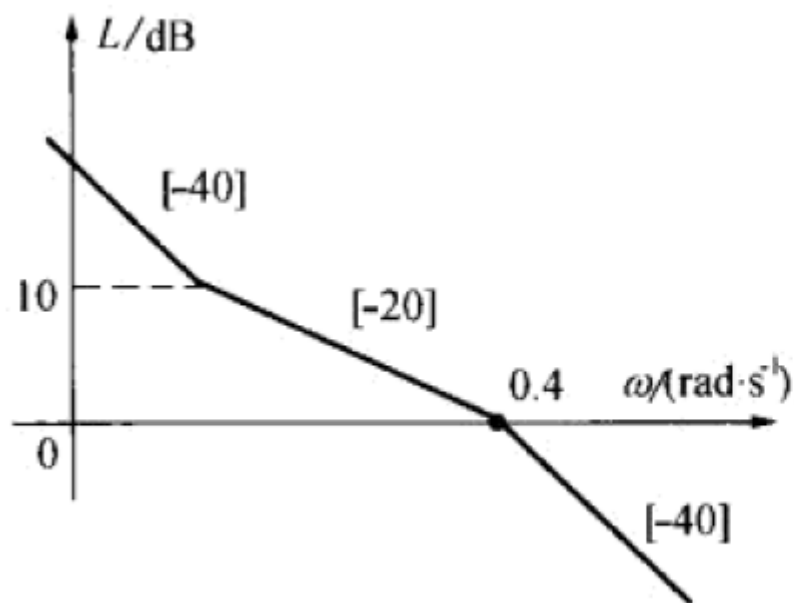
$$(4) G_4(s) = \frac{200}{s^2(s+1)(10s+1)}$$

5-7 某最小相位系统的开环对数幅频特性如图所示，试写出系统的开环传递函数。

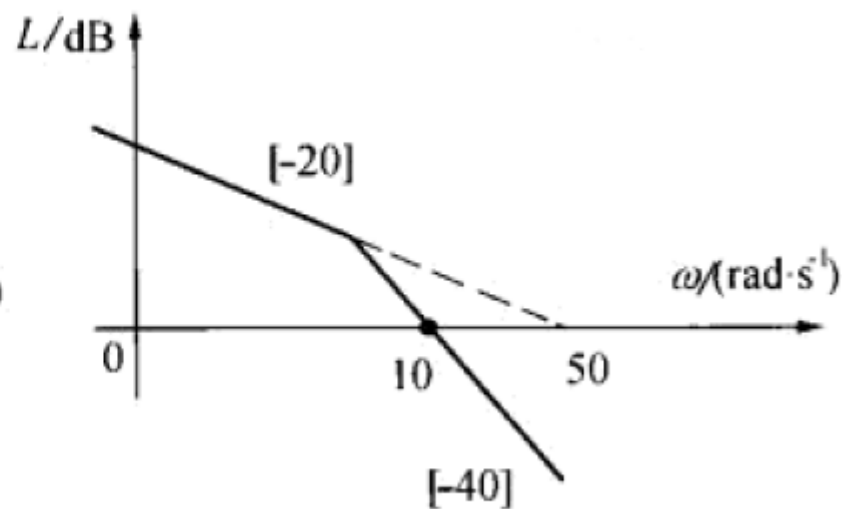




5-8 设系统的开环对数幅频特性分段直线近似表示如图所示，系统均为最小相位系统，试写出其开环传递函数。



(c)



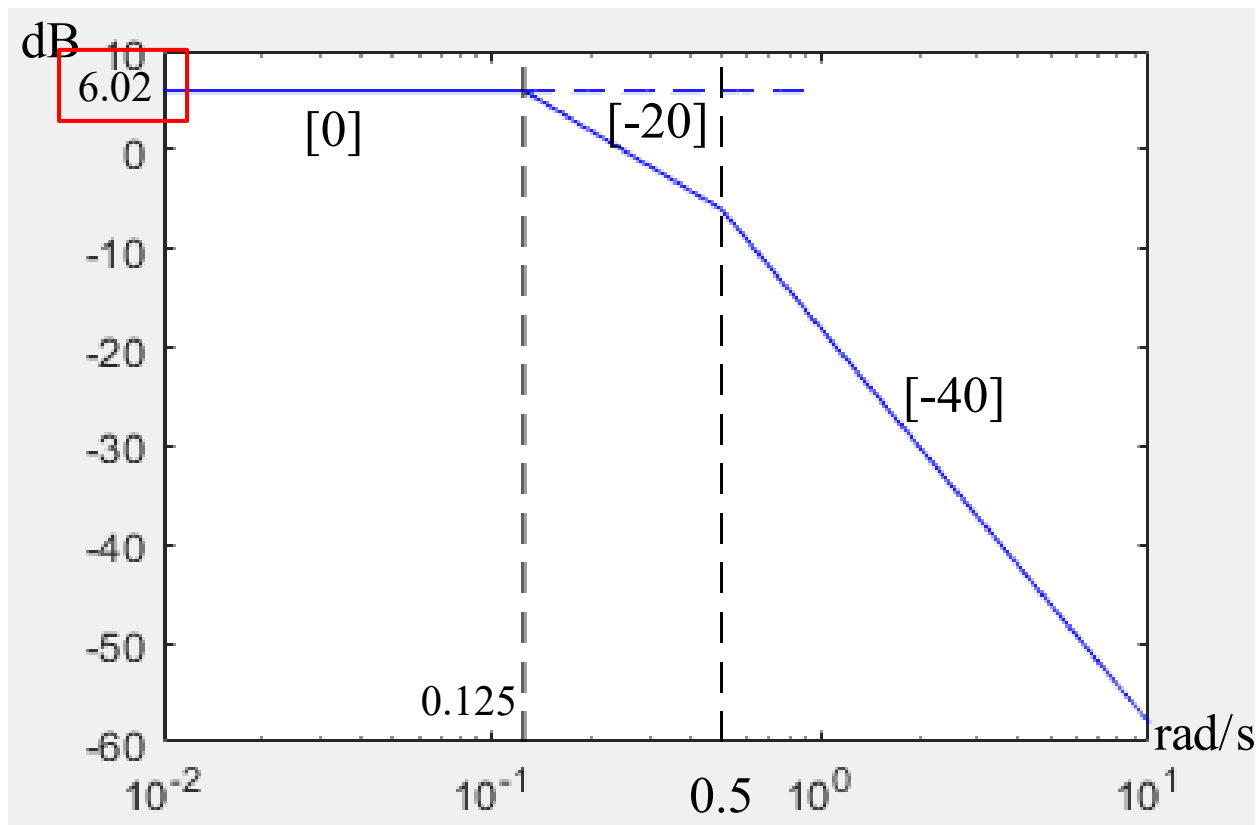
(d)





$$(1) \quad G_1(s) = \frac{2}{(2s+1)(8s+1)} \quad v=0, 0\text{型系统};$$

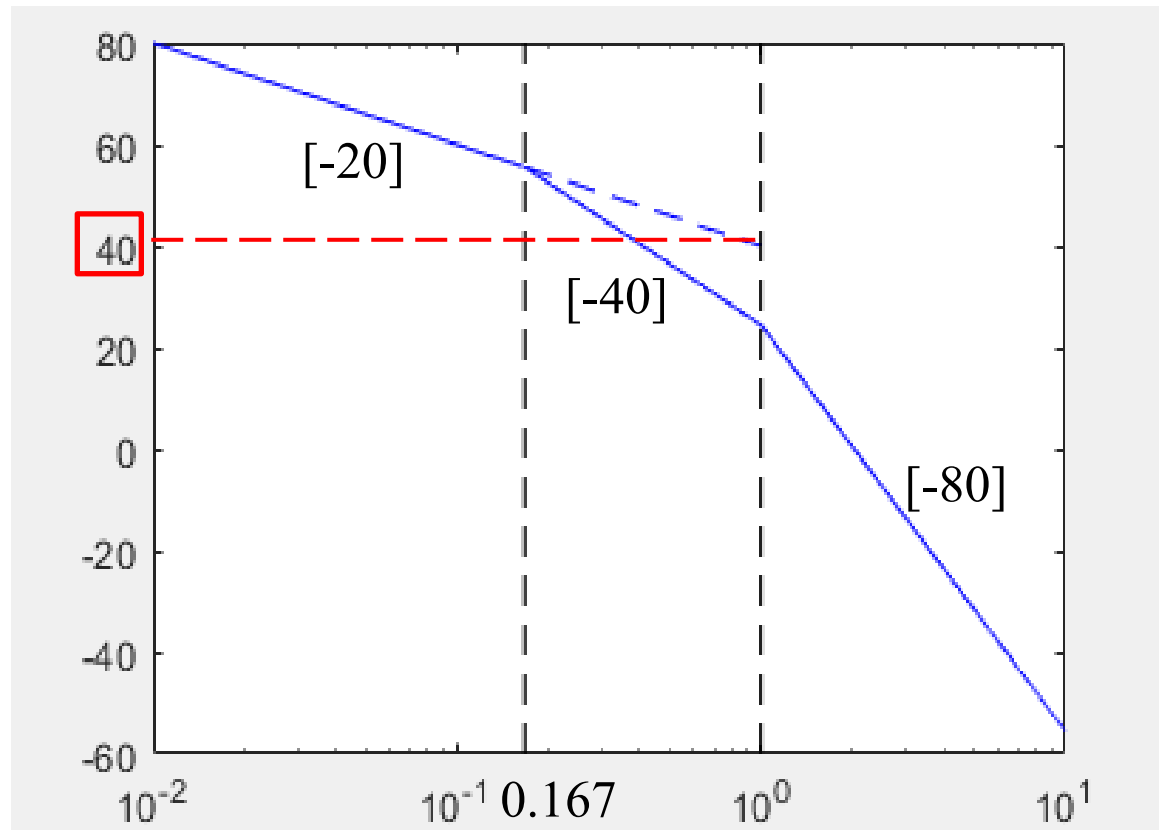
转折频率： $\omega_1 = 0.125$, $\omega_2 = 0.5$ 在 $\omega = 1$ 处 $L(\omega) = 20\lg 2 = 6.02$





$$(2) \quad G_2(s) = \frac{100}{s(s^2 + s + 1)(6s + 1)} \quad v=1, \text{ I型系统};$$

转折频率： $\omega_1 = 0.167$, $\omega_2 = 1$ 在 $\omega = 1$ 处 $L(\omega) = 20\lg 100 = 40$



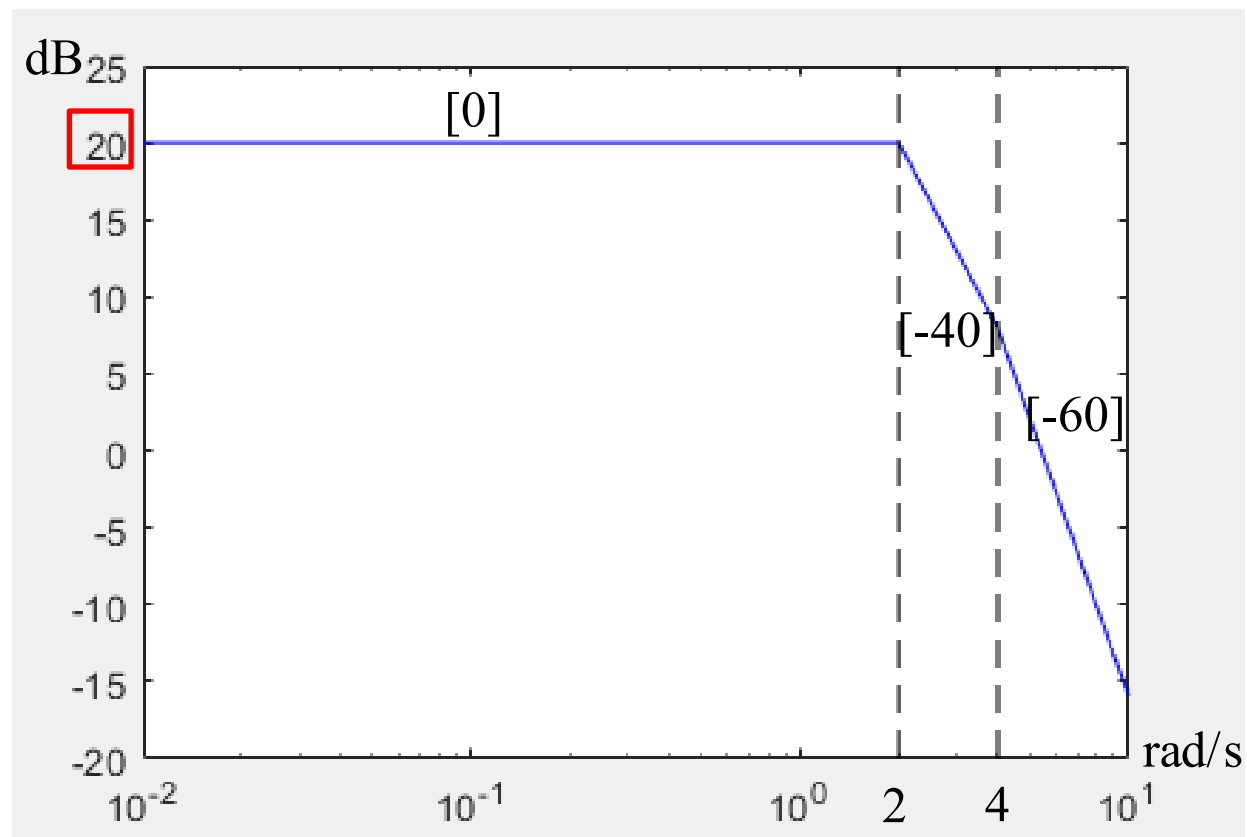


$$(3) \quad G_3(s) = \frac{10}{(0.25s+1)(0.25s^2+0.4s+1)}$$

$\nu=0$, 0型系统;

转折频率: $\omega_1 = 2, \omega_2 = 4$

在 $\omega=1$ 处 $L(\omega) = 20\lg 10 = 20$



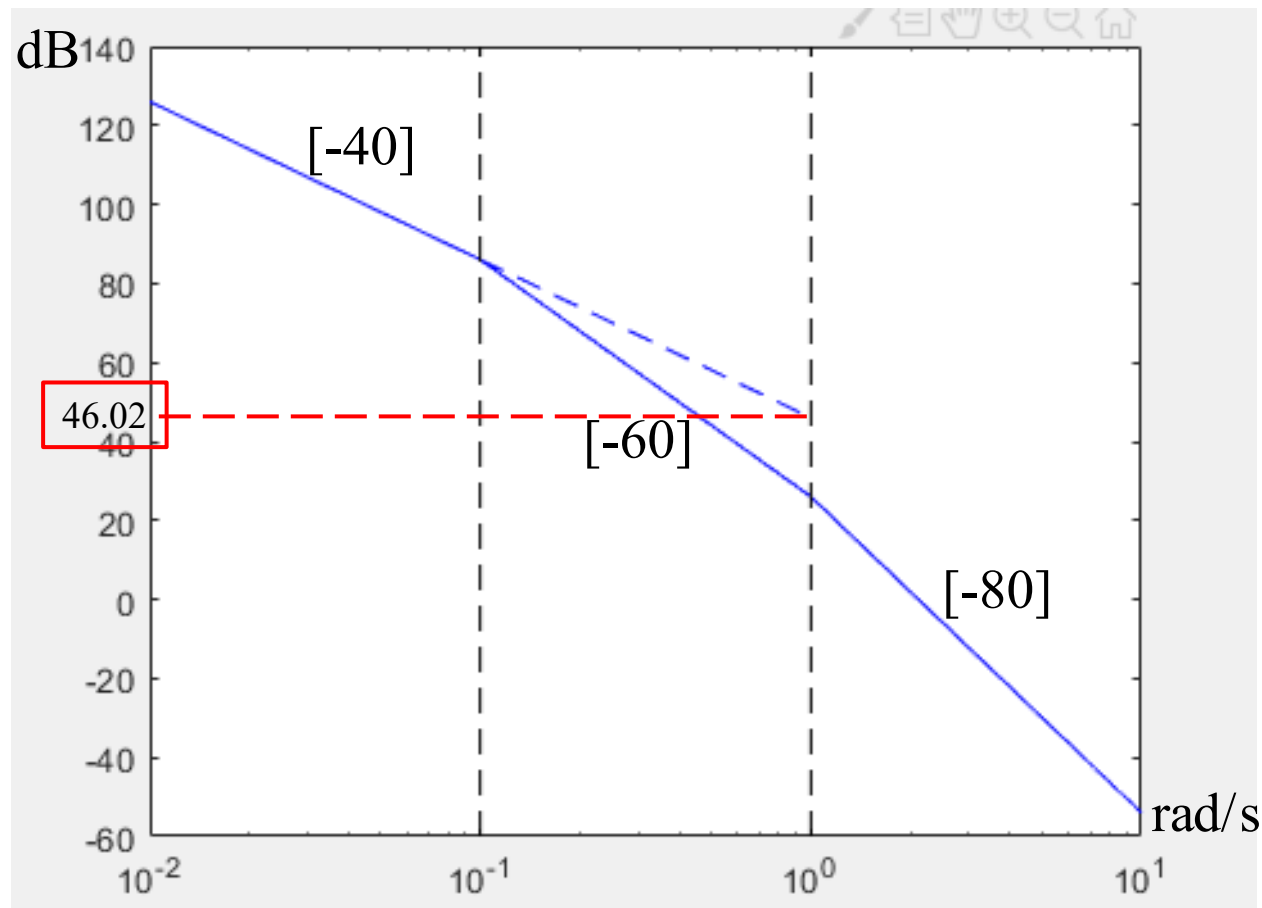


$$(4) \quad G_4(s) = \frac{200}{s^2(s+1)(10s+1)}$$

$v=2$, II型系统;

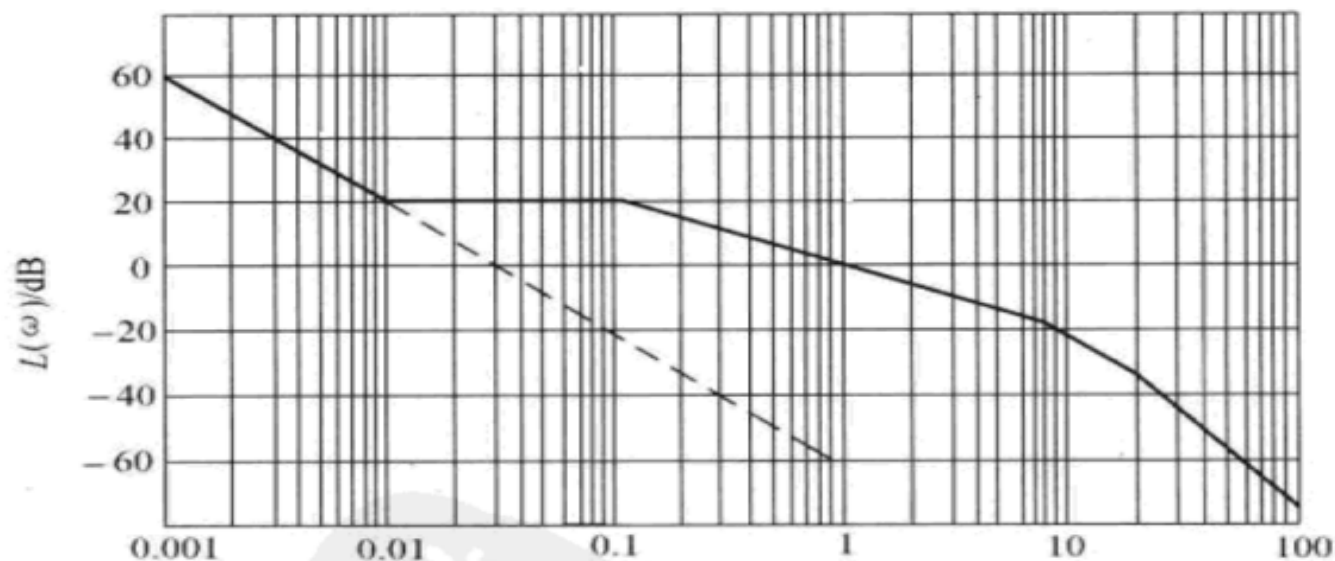
转折频率: $\omega_1 = 0.1$, $\omega_2 = 1$

在 $\omega = 1$ 处 $L(\omega) = 20 \lg 200 = 46.02$





5-7 某最小相位系统的开环对数幅频特性如图所示，试写出系统的开环传递函数。





由图可知：

低频渐近线经过点(1, -60)，渐近线斜率为-40dB/dec。

$$\begin{array}{ll} \text{于是有：} & 20 \lg k = -60 \text{dB} \\ & -20\nu = -40 \text{dB/dec} \end{array} \quad \rightarrow \quad \begin{array}{l} k = 10^{-3} \\ \nu = 2 \end{array}$$

渐近线转折频率为：0.01、0.1、8、20，经过0.01时斜率增加40 dB/dec
经过0.1、8、20时斜率均减少20dB/dec

则有：

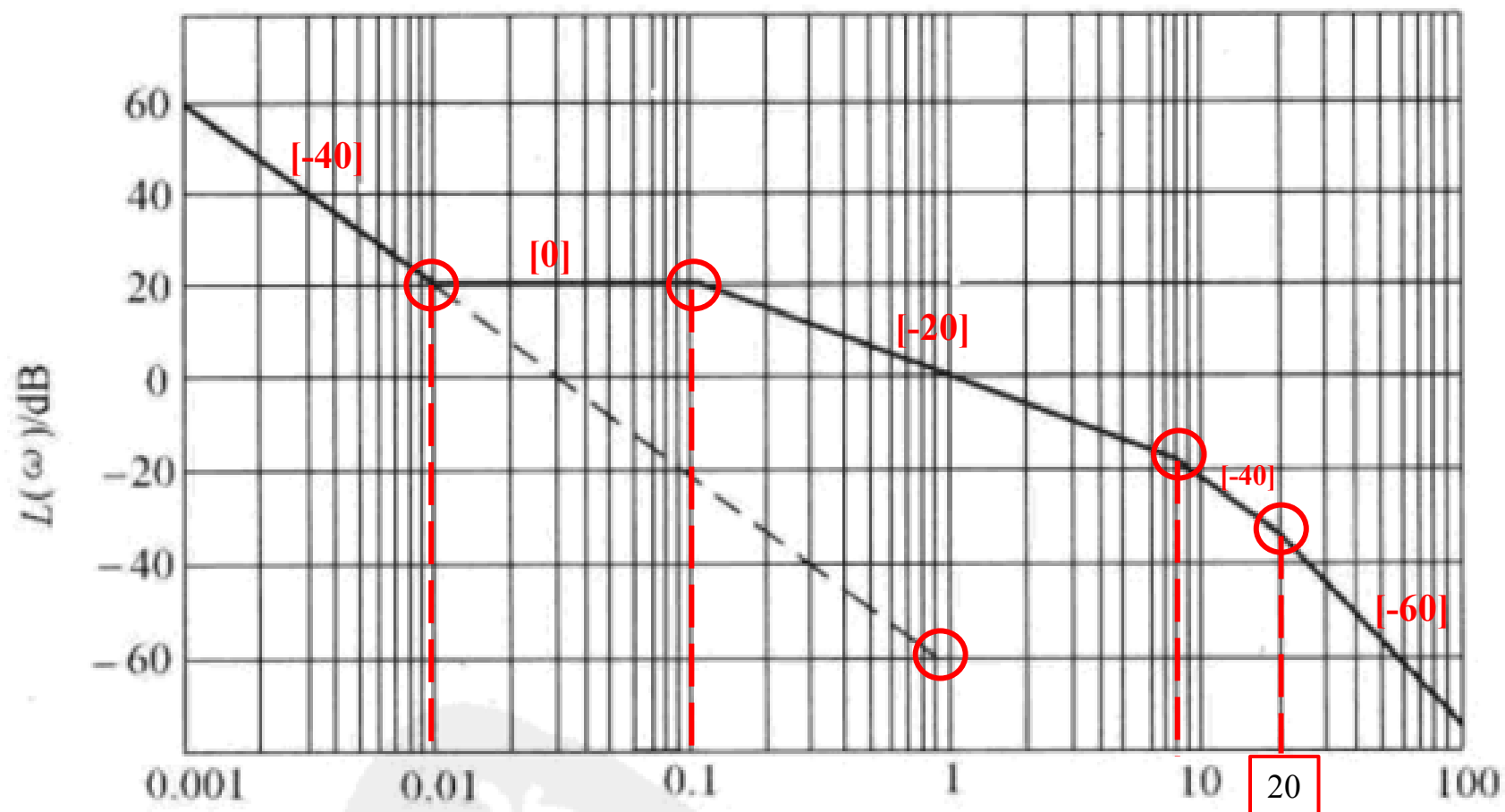
$$\tau_1 = \frac{1}{0.01} = 100 \quad T_1 = \frac{1}{0.1} = 10 \quad T_2 = \frac{1}{8} = 0.125 \quad T_3 = \frac{1}{20} = 0.05$$

所以系统的开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{10^{-3} \times (100s + 1)^2}{s^2 (10s + 1)(0.125s + 1)(0.05s + 1)}$$



解题要点：一定要关注图中几个特殊点+特殊斜率！！！！





- ① $(1, 20\lg K)$ 对应的点为 $(1, -60)$;
- ② 第一个转折点横坐标 0.01, 对应时间常数 $T_1=1/0.01=100$, 斜率变化为 +40, 所以对应传递函数分子存在两个一阶环节;
- ③ 第二个转折点横坐标 0.1, 对应时间常数 $T_2=1/0.1=10$, 斜率变化为 -20, 所以对应传递函数分母存在一个一阶环节;
- ④ 第三个转折点横坐标 8, 对应时间常数 $T_3=1/8=0.125$, 斜率变化为 -20, 所以对应传递函数分母存在一个一阶环节;
- ⑤ 第四个转折点横坐标 20(这里很多同学做错写成 11, 注意横坐标虽然写的是 ω , 但其实是 ω 取对数!), 对应时间常数 $T_3=1/20=0.05$, 斜率变化为 -20, 所以对应传递函数分母存在一个一阶环节;

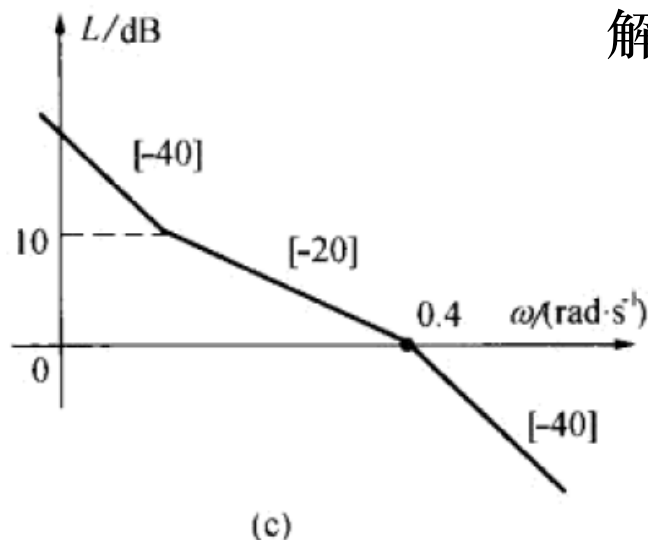
综上所述, 图像对应系统的开环传递函数为:

$$G(s) = \frac{0.001(100s + 1)^2}{s^2(10s + 1)(0.125s + 1)(0.05s + 1)}$$





5-8 设系统的开环对数幅频特性分段直线近似表示如图所示，系统均为最小相位系统，试写出其开环传递函数。



解：由图可知有两个转折点，其中 ω_1 为一阶微分环节的转折点， ω_c 为惯性环节的转折点，且已知 $\omega_c = 0.4 \text{ rad/s}$

$$\text{开环传递函数形式为: } G(s) = \frac{k(\tau s + 1)}{s^2(Ts + 1)}$$

低频渐近线的斜率为-40，故系统有且仅有两个积分环节，即 $\nu = 2$

$$\text{则: } \frac{L(\omega_1) - L(\omega_c)}{\lg \omega_1 - \lg \omega_c} = -20$$

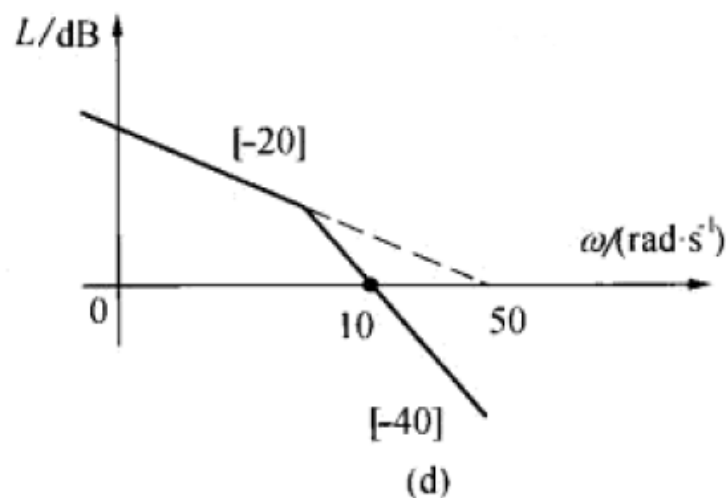
$$\omega_1 = 0.126 \text{ rad/s} \quad \tau = \frac{1}{\omega_1} = 7.94, \quad T = \frac{1}{\omega_c} = 2.5$$

折线经过点 $(\omega_1, 10)$ ，则开环传递函数的增益 k 为：

$$L(\omega_1) = 20 \lg(k) - 20 \lg(\omega_1^2) = 10 \quad k = 0.05$$

则系统开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{0.05(7.94s + 1)}{s^2(2.5s + 1)}$$



由图可知低频渐近线的斜率为-20，故系统有且仅有一个积分环节，即 $\nu = 1$

设开环传递函数形式为：

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

低频渐近线的延长线经过点(50, 0)，则开环传递函数的增益 k 为：

$$20\lg(k) - 20\lg(50) = 0 \quad k = 50$$

由渐近线斜率的定义可知：

$$\frac{L(\omega_1) - L(0)}{\lg(\omega_1) - \lg(0)} = -20 \quad \frac{L(\omega_1) - L(10)}{\lg(\omega_1) - \lg(10)} = -40$$

联立方程组解得： $\omega_1 = 2\text{rad/s}$, $L(\omega_1) = 27.96\text{dB}$

则系统开环传递函数为：

$$G(s) = \frac{50}{s(0.5s + 1)}$$



讲解结束

谢 谢!

