石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

自动控制原理

频率特性法

典型环节的频率特性

主讲 ： 王明明

1. 比例环节

传递函数和频率特性

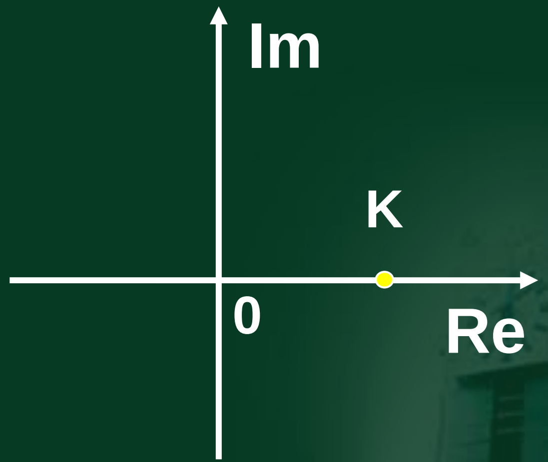
$$G(s)=K \qquad G(j\omega)=K$$

幅频特性和相频特性

$$A(\omega)=K \qquad \varphi(\omega)=0^{\circ}$$

(1) 奈氏图

比例环节的奈氏图



奈氏图是实轴上的K点。

网络精品课程

(2) 伯德图

对数幅频特性：

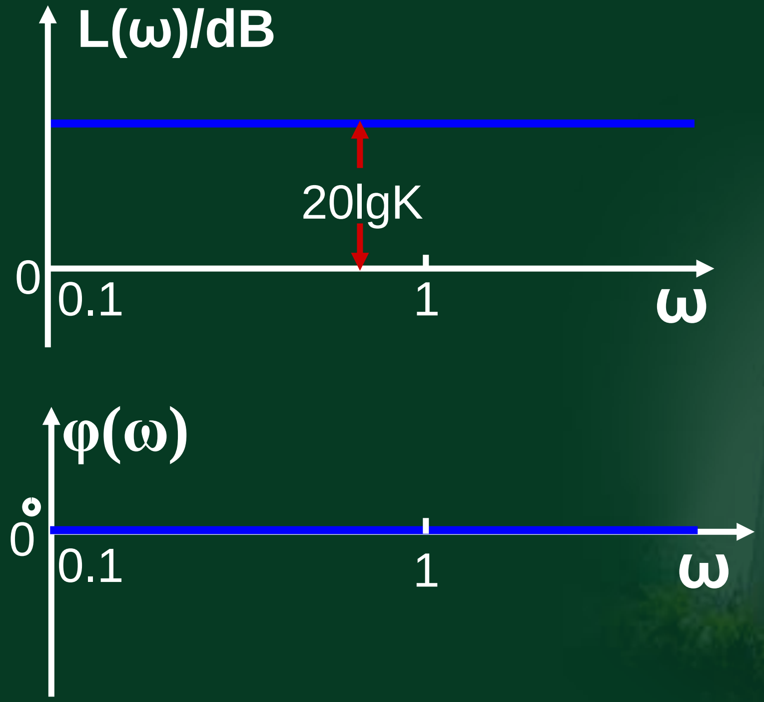
$$L(\omega)=20\lg A(\omega)$$

$$=20\lg K$$

对数相频特性：

$$\varphi(\omega)=tg^{-1}\frac{Q(\omega)}{P(\omega)}$$

比例环节的伯德图



2. 积分环节

传递函数和频率特性

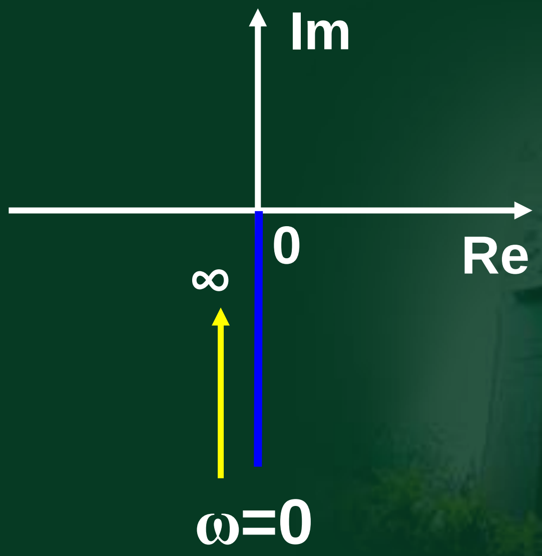
$$G(s)=\frac{1}{S} \qquad G(j\omega)=\frac{1}{j\omega}$$

幅频特性和相频特性

$$A(\omega)=\frac{1}{\omega} \qquad \varphi(\omega)=-90^o$$

(1) 奈氏图

积分环节奈氏图



(2) 伯德图

对数幅频特性：

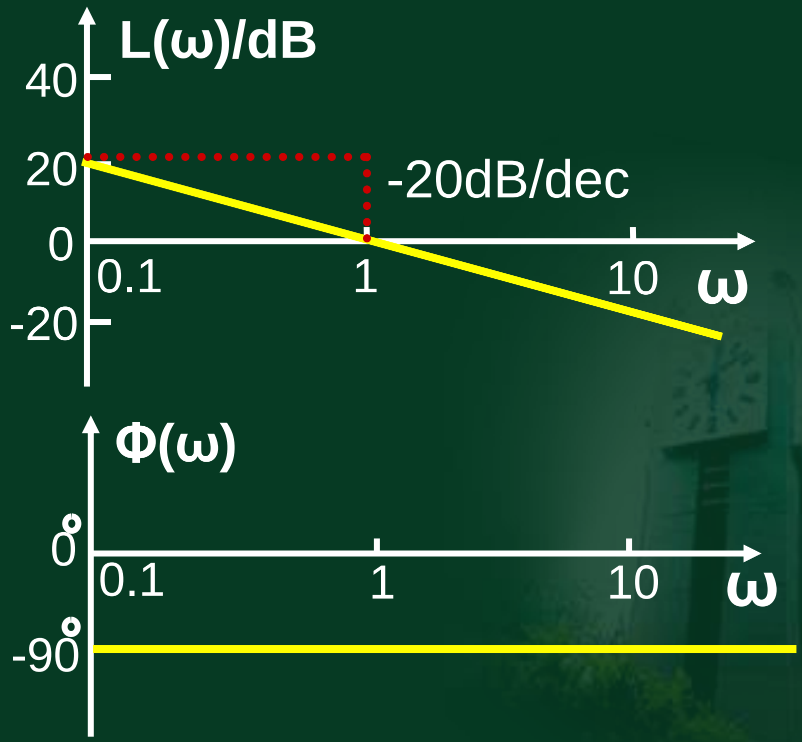
$$L(\omega)=20\lg A(\omega)$$

$$=-20\lg\omega$$

对数相频特性：

$$\varphi(\omega)=-90^{\circ}$$

积分环节的伯德图



3．微分环节

传递函数和频率特性

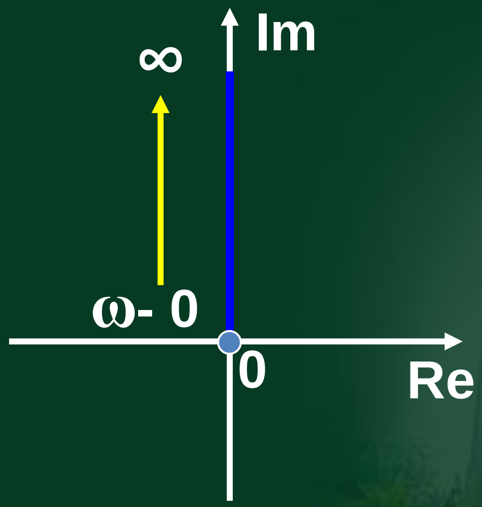
$$G(s)=S \qquad G(j\omega)=j\omega$$

幅频特性和相频特性

$$A(\omega)=\omega \qquad \varphi(\omega)=90^{o}$$

(1) 奈氏图

微分环节奈氏图



(2) 伯德图

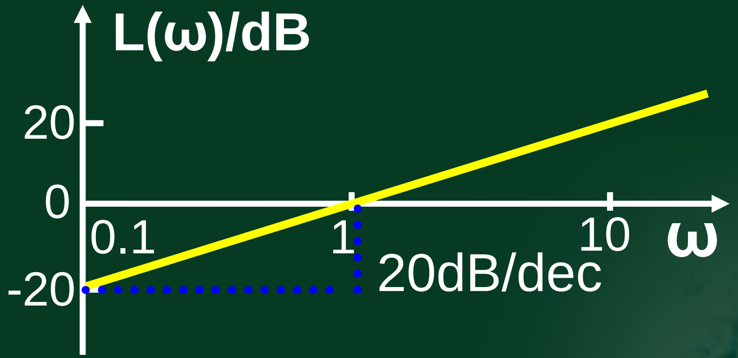
对数幅频特性：

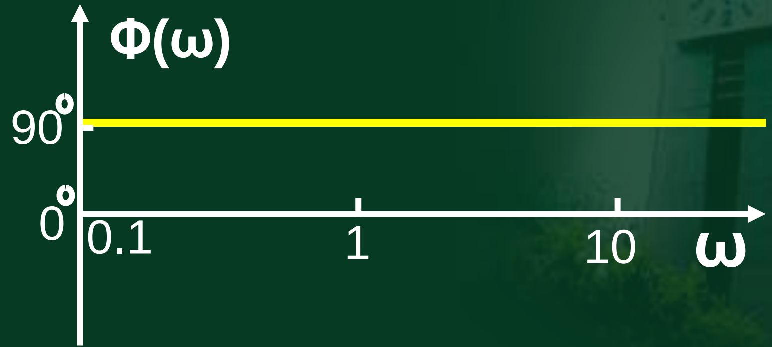
$$L(\omega)=20\lg A(\omega)$$
$$=20\lg\omega$$

对数相频特性：

$$\varphi(\omega)=90^{\circ}$$

微分环节的伯德图





4. 惯性环节

传递函数和频率特性

$$G(s)=\frac{1}{Ts+1} \qquad G(j\omega)=\frac{1}{j\omega T+1}$$

幅频特性和相频特性

$$\varphi(\omega)=-90^{o}$$

$$A(\omega)=\frac{1}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} \qquad \varphi(\omega)=-tg^{-1}\omega T$$

(1) 奈氏图

绘制奈氏图近似方法：

根据幅频特性和相频特性求出特殊点,然后将它们平滑连接起来.

惯性环节的奈氏图

网络精品课程

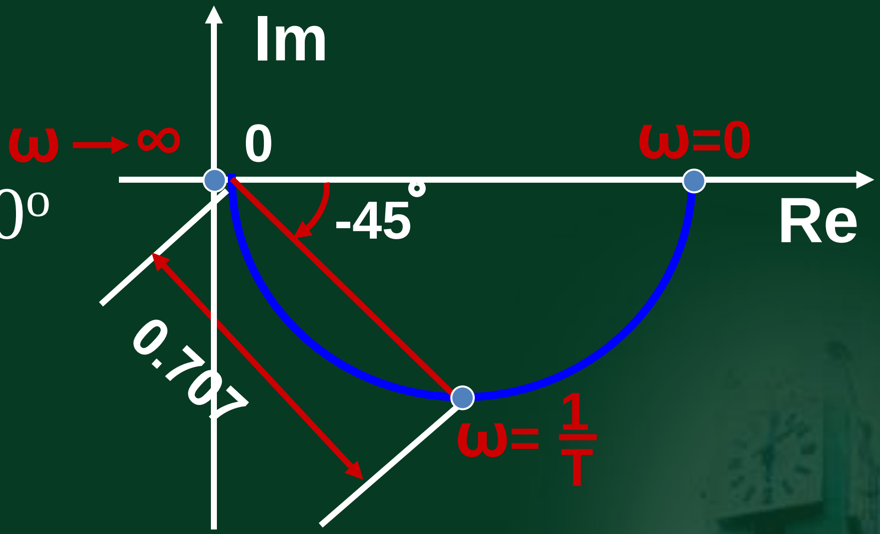
取特殊点：

$\omega=0$　　$A(\omega)=1$　　$\varphi(\omega)=0^o$

$\omega=\infty$　　$A(\omega)=0$　　$\varphi(\omega)=-90^o$

$\omega=\dfrac{1}{T}$　　$A(\omega)=0.707$

$\varphi(\omega)=-45^o$



可以证明： 惯性环节的奈氏图是以(1/2,jo)为圆心，以1/2为半径的半圆。

（2） 伯德图

惯性环节的伯德图

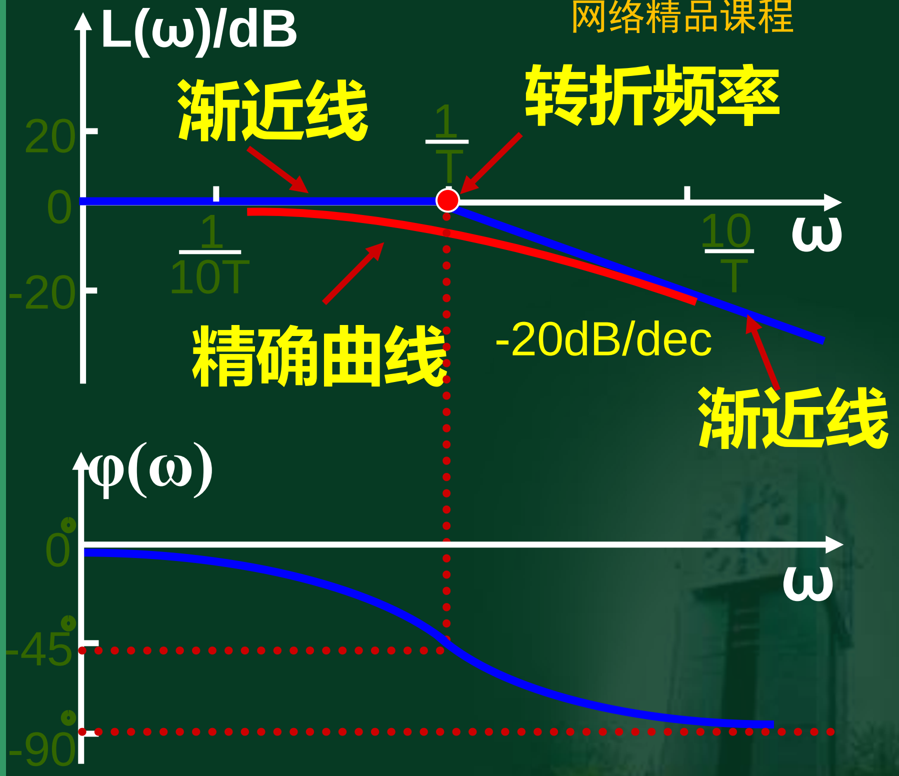
相频特性曲线：

$\omega=0$ $\varphi(\omega)=0^{o}$

$\omega=1/T$ $\varphi(\omega)=-45^{o}$

$\omega\rightarrow\infty$

$\varphi(\omega)=-90^{o}$



5．一阶微分环节

$\omega=0$

$A(\omega)=1 \quad \varphi(\omega)=0^{\circ}$

$\omega=\infty$

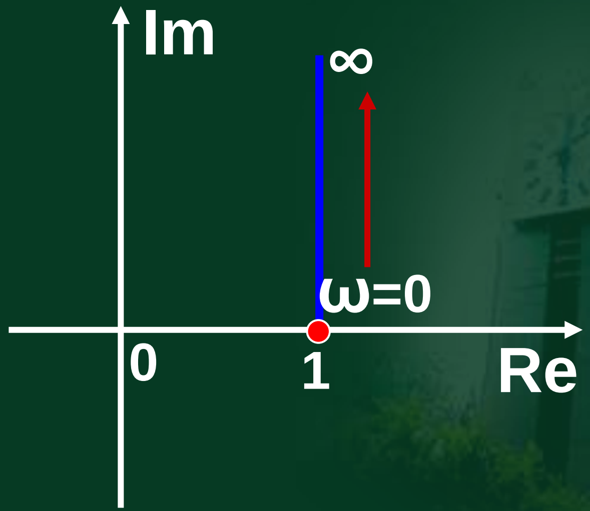
$A(\omega)=\infty \quad \varphi(\omega)=90^{\circ}$

$$A(\omega)=\sqrt{1+(\omega T)^2}$$

$$\varphi(\omega)=tg^{-1}\omega T$$

（1）奈氏图

一阶微分环节奈氏图



(2) 伯德图

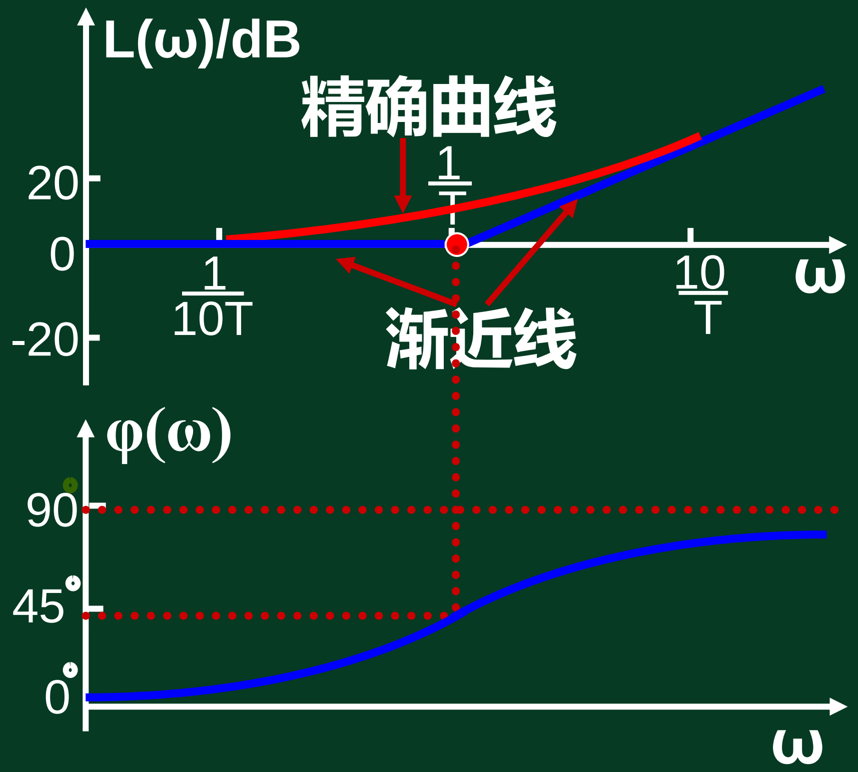
一阶微分环节的频率特性与惯性环节成反比，所以它们的伯德图对称于横轴.

$$G(j\omega)=1+j\omega T \qquad G(j\omega)=\frac{1}{1+j\omega T}$$

对数幅频特性

$$L(\omega)=20\lg\sqrt{1+(\omega T)^2} \qquad L(\omega)=20\lg\frac{1}{\sqrt{1+(\omega T)^2}}$$

一阶微分环节的伯德图



6. 振荡环节

石家莊鐵道大學 SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

网络精品课程

传递函数和频率特性：

$$G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$$

$$G(j\omega)=\frac{\omega_n^2}{\omega_n^2-\omega^2+j2\zeta\omega_n\omega}$$

幅频特性和相频特性：

$$\varphi(\omega)=tg^{-1}\frac{2\zeta\omega_n\omega}{\omega_n^2-\omega^2}$$

$$A(\omega)=\frac{\omega_n^2}{\sqrt{(\omega_n^2-\omega^2)^2+(2\zeta\omega_n\omega)^2}}=\frac{1}{\sqrt{(1-\frac{\omega^2}{\omega_n^2})^2+(\frac{2\zeta\omega}{\omega_n})^2}}$$

（1） 奈氏图

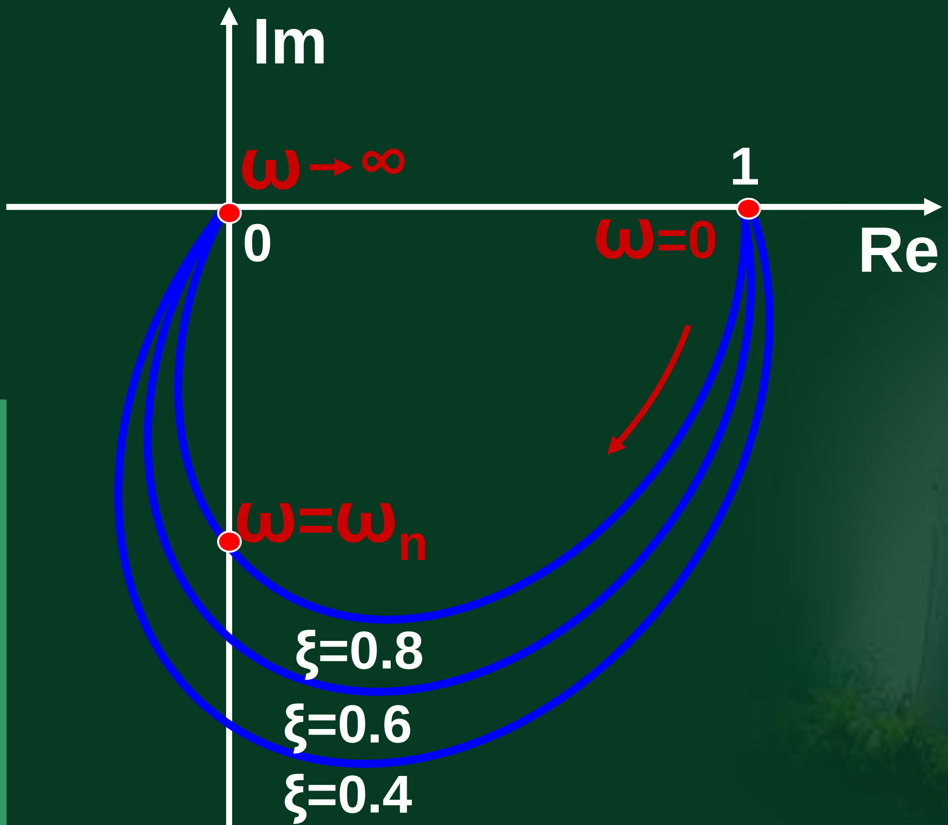
振荡环节的奈氏图

$\omega=\infty$

$A(\omega)=0$

$\varphi(\omega)=-180^{o}$

振荡环节的频率特性曲线因ξ值的不同而异.



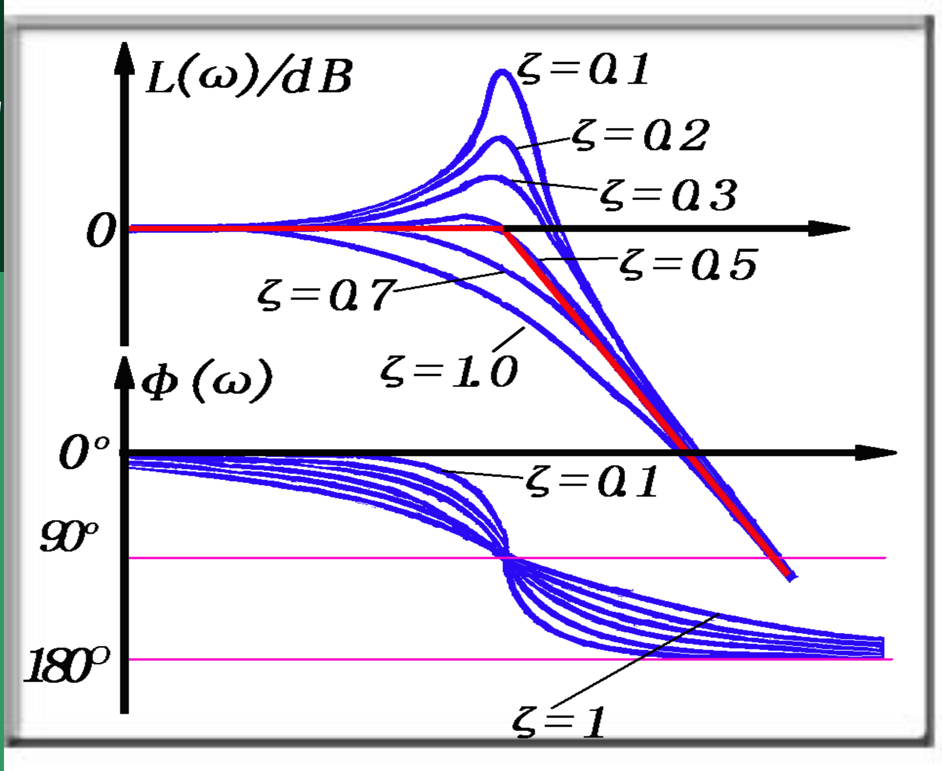
（2）伯德图

振荡环节的伯德图

对数幅频特性：

L

$L(\omega) \approx 20\lg 1 = 0dB$



$L(\omega) \approx -40\lg \dfrac{\omega}{\omega_n}$

对数相频特性：

$\omega=0 \qquad \varphi(\omega)=0^o$

$\omega=\omega_n \qquad \varphi(\omega)=-90^o$

$\omega\rightarrow\infty \qquad \varphi(\omega)=-180^o$

$\omega=\omega_n$ →转折频率

精确曲线与渐近线之间存在的误差与ζ值有关，ζ过大或过小，误差都较大，曲线应作出修正。

$$\frac{dA(\omega)}{d\omega}=0$$

可求得

$$\omega_r=\omega_n\sqrt{1-2\zeta^2}$$

$$(0\leq\zeta\leq0.707)$$

代入得

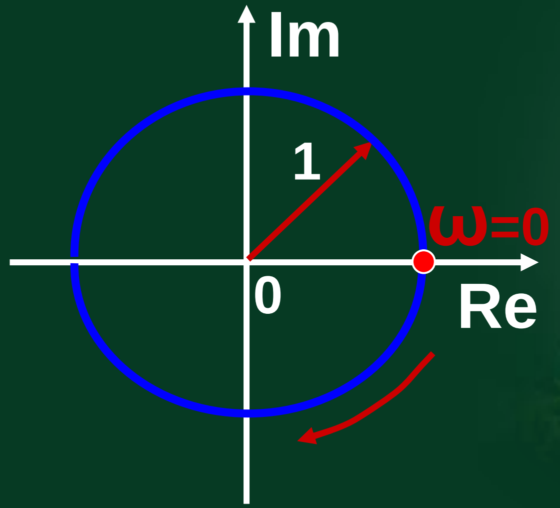
$$M_r=A(\omega_r)=\frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$$

7. 时滞环节

$$G(s)=e^{-\tau s} \qquad G(j\omega)=e^{-j\omega\tau}$$

$$A(\omega)=1 \qquad \varphi(\omega)=-\tau\omega$$

（1）奈氏图



时滞环节的奈氏图是一个单位圆

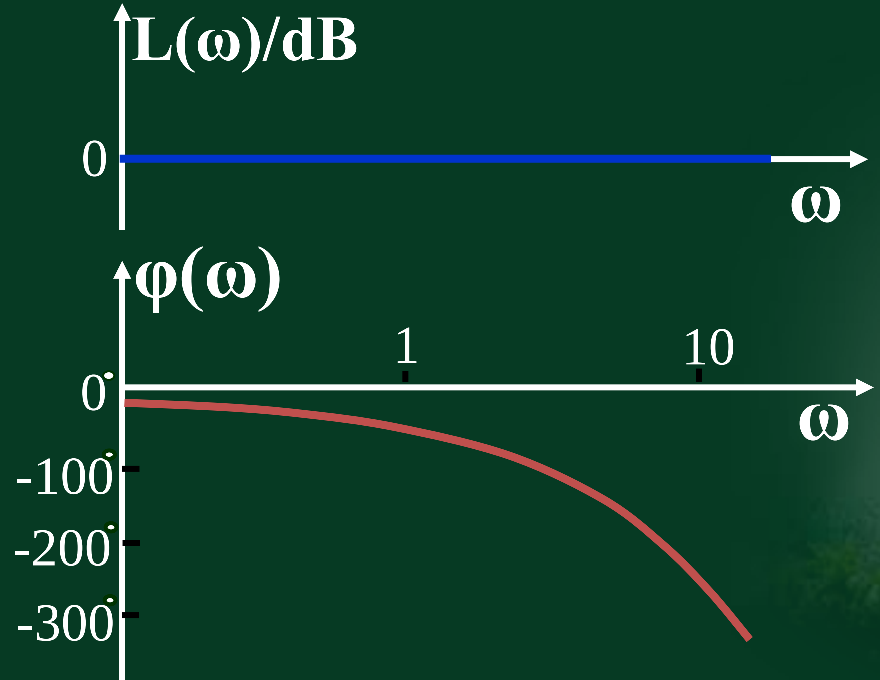
网络精品课程

（2）伯德图

时滞环节的伯德图

$$L(\omega)=20\lg 1=0$$

$$\varphi(\omega)=-\tau\omega$$



谢谢！