湖南大学 2008 年招收攻读硕士学位研究生

入学考试命题专用纸

招生专业＿＿＿＿＿＿

考试科目＿＿＿＿＿＿　试题编号＿＿＿＿＿＿

注：答题（包括填空题、选择题）必须答在专用答卷纸上，否则无效。

一.（20 分）系统结构图如图 1 所示

（1） 写出闭环传递函数 $\Phi(s)$ 表达式；

（2） 要使系统满足条件：$\xi=0.707$，$\omega_n=2$，试确定相应的参数 K 和 β；

（3） 求此时系统的动态性能指标（$\sigma\%$，t_s）；

（4） $r(t)=2t$ 时，求系统的稳态误差 e_{ss}；

（5） 确定 $G_n(s)$，使干扰 $n(t)$ 对系统输出 $c(t)$ 无影响。

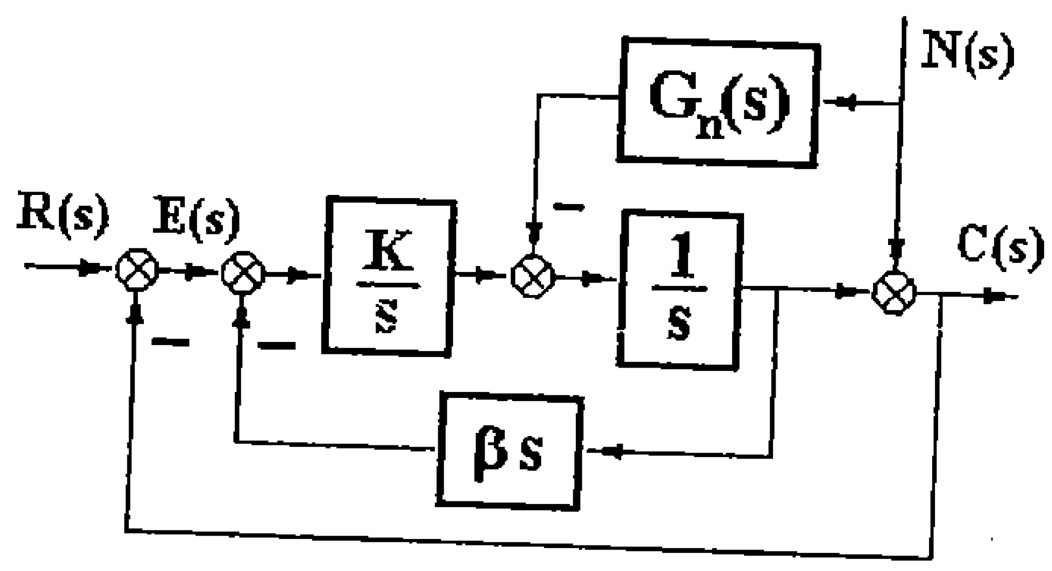


图1 控制系统结构图

二.（15 分）单位反馈系统的开环传递函数为 $G(s)=\dfrac{K^*}{s(s+3)^2}$

（1） 绘制 $K^*=0\to\infty$ 时的系统根轨迹（确定渐近线，分离点，与虚轴交点）；

（2） 确定使系统满足 $0<\xi<1$ 的开环增益 K 的取值范围；

（3） 定性分析在 $0<\xi<1$ 范围内，K 增大时，$\sigma\%$，t_s 以及 $r(t)=t$ 作用下 e_{ss} 的变化趋势（增加/减小/不变）。

四注：z 变换表 $Z\left[\frac{1}{s+a}\right]=\frac{z}{z-e^{-aT}}$； $Z\left[\frac{1}{s}\right]=\frac{z}{z-1}$； $Z\left[\frac{1}{s^2}\right]=\frac{Tz}{(z-1)^2}$ 。四.（20分）单位反馈系统的开环对数幅频特性曲线 $L_0(\omega)$ 如图 3 所示，采用串联校正，校正装置的传递函数 $G_c(s)=\frac{\left(\frac{s}{3}+1\right)\left(\frac{s}{10}+1\right)}{\left(\frac{s}{[illegible]}+1\right)\left(\frac{s}{[illegible]}+1\right)}$

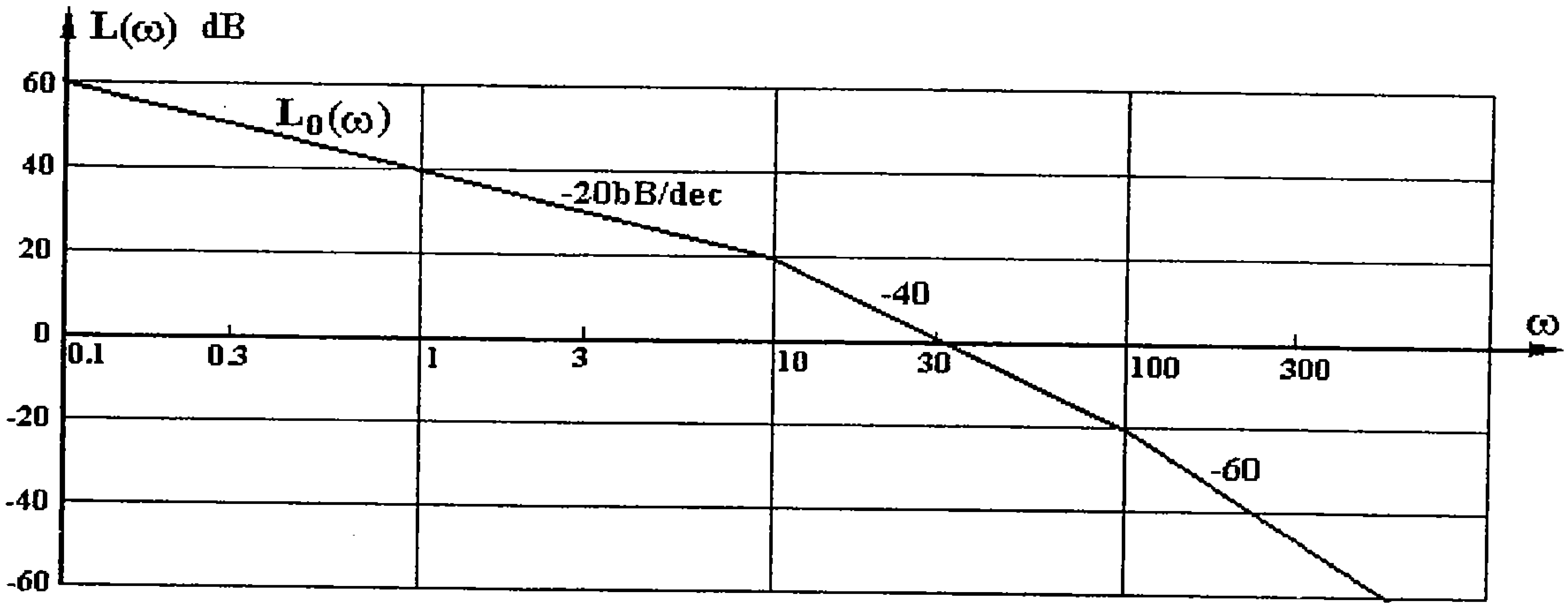


图3 对数幅频特性曲线

（1） 写出校正前系统的传递函数 $G_0(s)$；

（2） 在图 3 中绘制校正后系统的对数幅频特性曲线 $L(\omega)$；

（3） 求校正后系统的截止频率 ω_c 和相角裕度 γ 。

五.（30分）非线性系统结构图如图 4 所示，$M=1$，$N(A)=\frac{4M}{\pi A}$。

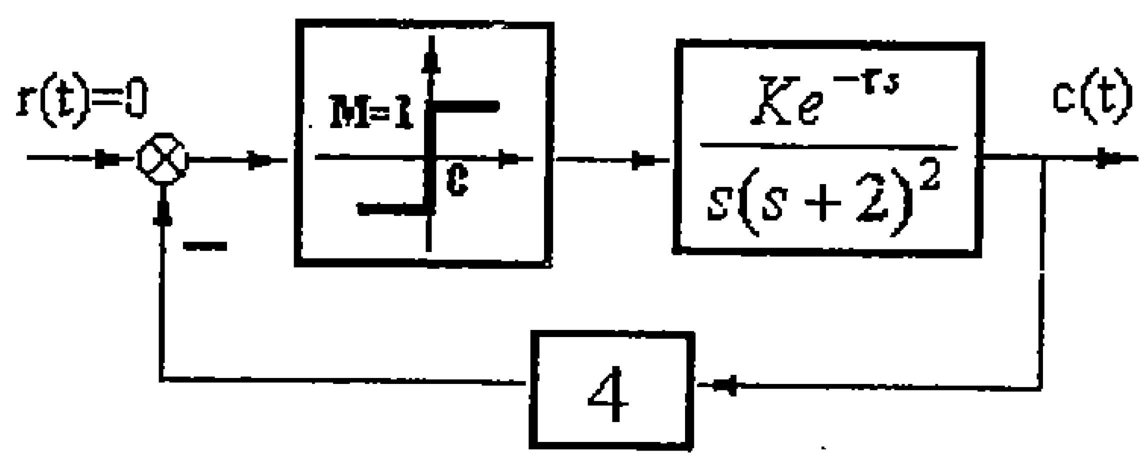


图4 非线性系统结构图

（1） $\tau=0$ 时，确定系统受扰后最终的运动形式（稳定/自振/发散）;

（2） $\tau=0$ 时，要在系统输出端产生一个振幅 $A_c=1/\pi$ 的近似正弦信号，试确定参数 K 和相应的频率 ω；

（3） 定性分析当延迟环节系数 τ 增大时，自振参数（A,ω）变化的趋势（增加/不变/减小）。

考题答案及评分标准

一.（共 20 分）

解

（1）（4 分） $\Phi(s)=\dfrac{C(s)}{R(s)}=\dfrac{\dfrac{K}{s^2}}{1+\dfrac{K\beta}{s}+\dfrac{K}{s^2}}=\dfrac{K}{s^2+K\beta s+K}=\dfrac{\omega_n^2}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2}$

（2）（4 分） $\begin{cases}K=\omega_n^2=2^2=4\\K\beta=2\xi\omega_n=2\sqrt{2}\end{cases}$ $\begin{cases}K=4\\\beta=0.707\end{cases}$

（3）（4 分） $\sigma\%=e^{-\xi\pi/\sqrt{1-\xi^2}}=4.32\%$

$$t_s=\frac{3.5}{\xi\omega_n}=\frac{3.5}{\sqrt{2}}=2.475$$

（4）（4 分） $G(s)=\dfrac{\dfrac{K}{s^2}}{1+\dfrac{K\beta}{s}}=\dfrac{K}{s(s+K\beta)}$ $\begin{cases}K_K=1/\beta\\v=1\end{cases}$

$$e_{ss}=\frac{A}{K_K}=2\beta=1.414$$

（5）（4 分）令： $\Phi_n(s)=\dfrac{C(s)}{N(s)}=\dfrac{\left(1+\dfrac{K\beta}{s}\right)-\dfrac{1}{s}G_n(s)}{\Delta(s)}=0$

得： $G_n(s)=s+K\beta$

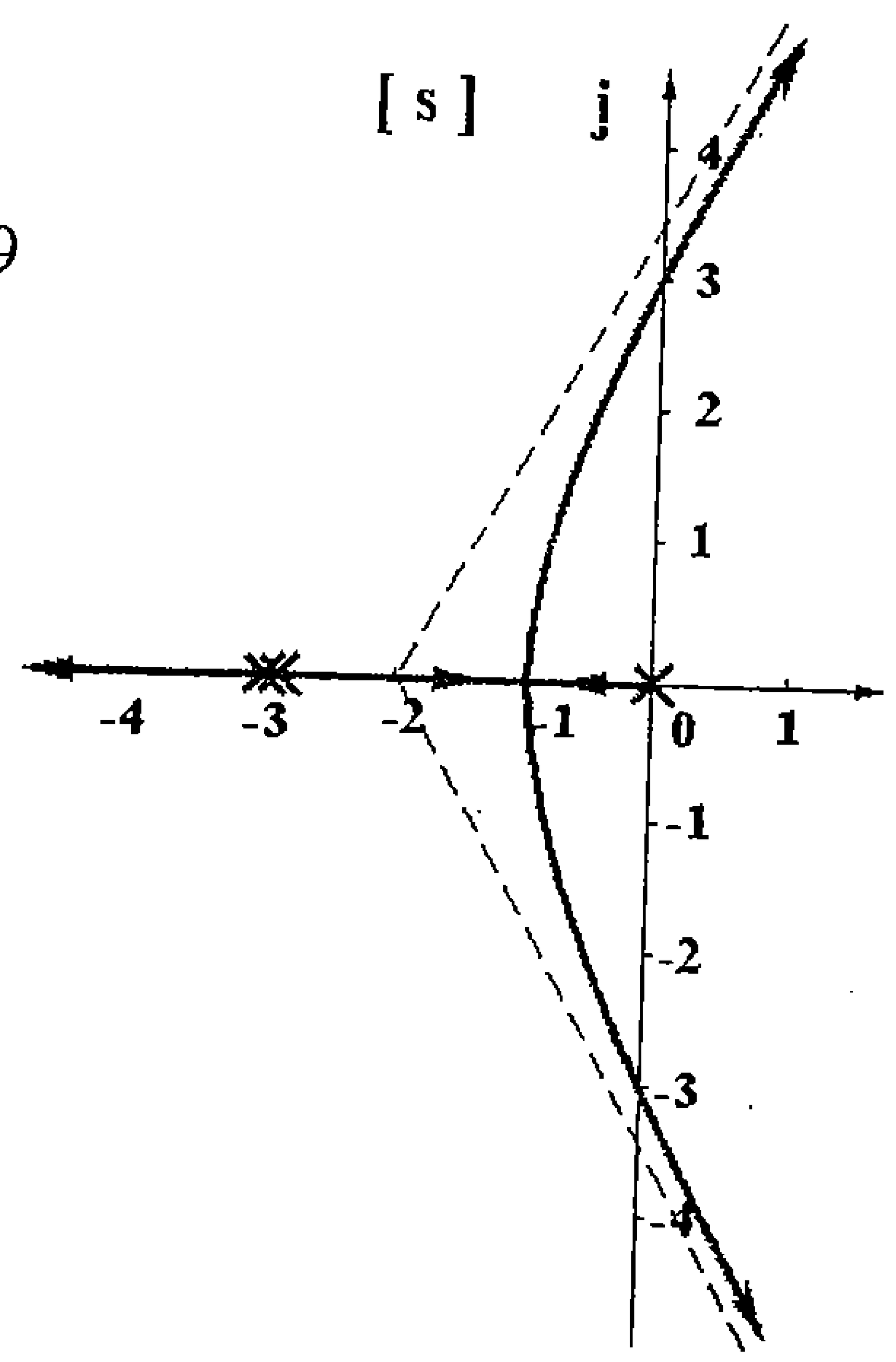
二.（共 15 分）

解

（1） 绘制根轨迹 （9 分）

$G(s)=\dfrac{K^*}{s(s+3)^2}=\dfrac{\dfrac{K^*}{9}}{s\left[\left(\dfrac{s}{3}\right)^2+1\right]}$ $\begin{cases}K=K^*/9\\v=1\end{cases}$

① 渐近线： $\begin{cases}\sigma_a=\dfrac{-3-3}{3}=-2\\\pm60^\circ,\ \ 180^\circ\end{cases}$



② 分离点： $\frac{1}{d}+\frac{2}{d+3}=0$

解出： $d=-1$

$$K_d^*=|d|\cdot|d+3|^2=4$$

③ 与虚轴交点： $D(s)=s^3+6s^2+9s+K^*=0$

$$\begin{cases}\mathrm{Im}[D(j\omega)]=-\omega^3+9\omega=0\\ \mathrm{Re}[D(j\omega)]=-6\omega^2+K^*=0\end{cases}\qquad\begin{cases}\omega=3\\ K^*=54\end{cases}$$

绘制根轨迹如右图所示。

（2）依题有： $4 < K^* < 54$ 即： $\frac{4}{9}<K<6$

（3）依根轨迹， $\frac{4}{9}<K<6$ 时， $K\uparrow\Rightarrow\begin{cases}\sigma\%\uparrow\\ t_s\uparrow\\ e_{ss}\downarrow\end{cases}$

三．解

（1） $G(z)=Z\left[\frac{K}{s+1}\right]Z\left[\frac{1-e^{-Ts}}{s}\cdot\frac{1}{s}\right]=\frac{KTz}{(z-1)(z-e^{-T})}$

（2） $D(z)=(z-1)(z-e^{-T})+KTz=z^2-(1+e^{-T}-KT)z+e^{-T}=0$

$$\begin{cases}D(1)=KT>0\\ D(-1)=2(1+e^{-T})-KT>0\\ \left|e^{-T}\right|<1\end{cases}\qquad\begin{cases}K>0\\ K<\frac{2(1+e^{-T})}{T}\end{cases}$$

综合之： $0<K<\frac{2(1+e^{-T})}{T}\overset{T=1}{=}2.736$

（3） $K_v=\lim\limits_{z\to1}(z-1)G(z)=\lim\limits_{z\to1}\frac{KTz}{z-e^{-T}}=\frac{KT}{1-e^{-T}}$

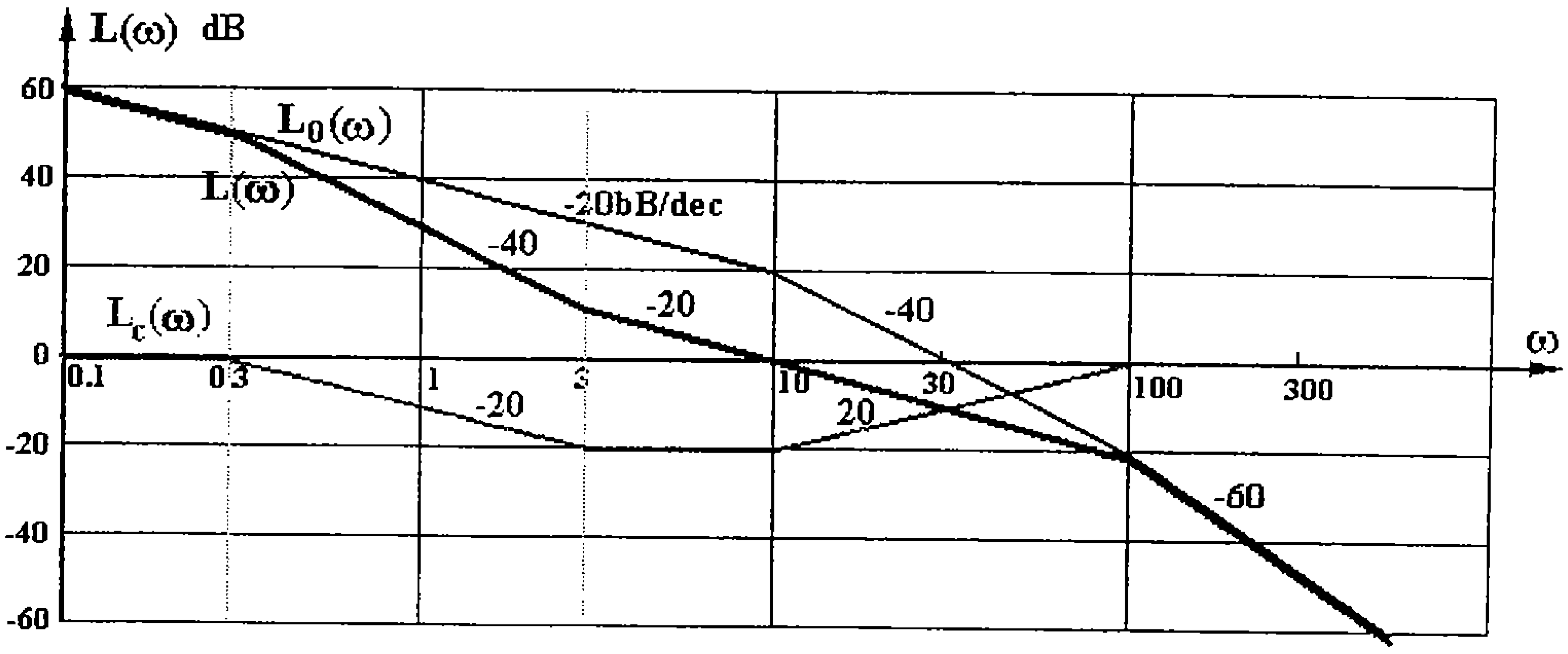
$$e(\infty)\overset{r(t)=t}{=}\frac{AT}{K_v}=\frac{AT(1-e^{-T})}{KT}\overset{T=1,K=1}{=}0.632$$

四．

解

（1） $G_0(s)=\frac{100}{s\left(\frac{s}{10}+1\right)\left(\frac{s}{100}+1\right)}$

（2） $G(s)=G_c(s)G_0(s)=\dfrac{100\left(\dfrac{s}{3}+1\right)}{s\left(\dfrac{s}{0.3}+1\right)\left(\dfrac{s}{100}+1\right)^2}$， $L(\omega)$ 见下图。



（3）依图

$$\omega_c=10$$

$$\gamma=180°+\arctan\frac{10}{3}-90°-\arctan\frac{10}{0.3}-2\times\arctan\frac{10}{100}=63.6°$$

五.
解

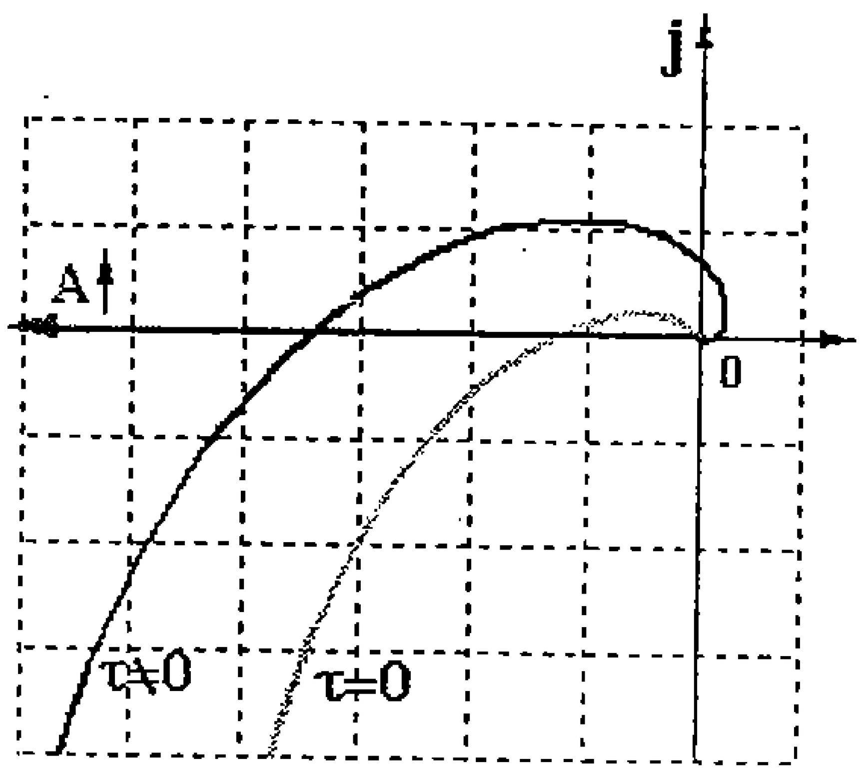
（1） 绘 $\dfrac{-1}{N(A)}=\dfrac{-\pi A}{4M}$ 和 $G(j\omega)$ 曲线，可见系统最终一定自振。

[redacted]

$$\frac{4M}{\pi A}\cdot\frac{4Ke^{-\tau s}}{j\omega(2+j\omega)^2}=-1$$

$$\frac{16K}{\pi A}=4\omega^2-j\omega(4-\omega^2)$$

$$\begin{cases}\omega=2\\ K=\pi A=\pi\times 4A_c=\pi\times 4\dfrac{1}{\pi}=4\end{cases}$$



（3） 依图： $\tau\uparrow\Rightarrow\begin{cases}A\uparrow\\ \omega\downarrow\end{cases}$