2008年哈尔滨工程大学自动控制原理考研试题

一 、根据方框图求系统传递函数和误差传递函数。（20分）

解：

1．绘制系统的信号流图如下；

2．计算 C(s)/R(s)和 E(s)/R(s)过程中，关于回路和特征式的计算是完全相同，可统一计算。（注意互不接触回路的计算）

回路 $L_1 =$， $L_2 =$， $L_3 =$；

特征式 $\Delta =$。

计算 C(s)/R(s)：

前向通路 $P_1 = G_1G_2G_3$， $P_2 = G_4G_3$；

特征子式 $\Delta_1 =$， $\Delta_2 =$；

$$\frac{C(s)}{R(s)} =$$；

计算 E(s)/R(s)：

前向通路 $P_1 =$； $P_2 =$；

特征子式 $\Delta_1 =$， $\Delta_2 =$；

$$\frac{E(s)}{R(s)} =$$

二、已知单位反馈系统的开环传递函数如下，试求静态位置误差系数 K_p，静态速度误差系数 K_v，静态加速度误差系数 K_a。

知单位反馈系统的开环传递函数如下，试求静态位置误差系数 K_p，静态速度误差系数 K_v，静态加速度误差系数 K_a

(1) $G(s) = \dfrac{50}{(0.1s+1)(2s+1)}$；　　{ $K_p = \lim\limits_{s\to 0} G(s)$ }

(2) $G(s) = \dfrac{K}{s(s^2+4s+200)}$；　　{ $K_v = \lim\limits_{s\to 0} s\,G(s)$ }

(3) $G(s) = \dfrac{10(2s+1)(4s+1)}{s^2(s^2+2s+10)}$。　　{ $K_a = \lim\limits_{s\to 0} s^2 G(s)$ }

解：(1) $K_p=50$；$K_v=0$；$K_a=0$；

(2) $K_p=\infty$；$K_v=0.005K$；$K_a=0$；

(3) $K_p=\infty$；$K_v=\infty$；$K_a=1$；

三、控制系统的开环传递函数为 $G(s)=\dfrac{k}{s^4+4s^3+6s^2+4s-15}$，试画出馈系统的根轨迹图，并指出稳定情况下 K 的取值范围。（原题，可以按以下步骤求解）

解：根轨迹方程为：$\dfrac{k}{s^4+4s^3+6s^2+4s-15}=-1$

系统有 n 个开环极点：P1=；P2=;。。。。

有 m 个开环零点：Z1=;Z2=;。。。。

（1）系统有 n 条根轨迹分支，分别其于 P1、P2。。。，终于 Z1、Z1。。。和无穷远处；

（2）实轴上根轨迹在区间（　）(　)(　)

(3)渐进线：

（4）根轨迹与实轴交点：

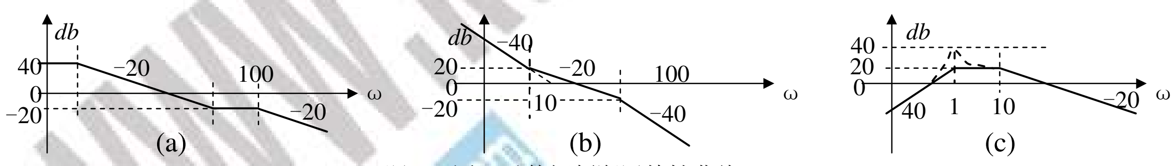
（5）根轨迹与虚轴交点：(用劳斯表比较方便）

（6）绘制系统的根轨迹如下：

由（5）知，系统稳定时 K 的取值范围是？〈K〈 ？

四、已知最小相位系统的对数幅频渐近特性如下，试确定系统的开环传递函数。（这一题跟“08 知识要点与系统解析”上的题 5-12-b 图很类似，难度也差不多，最好把步骤写详细一些。）

5-12 已知最小相位系统的对数幅频渐近特性如下，试确定系统的开环传递函数。



题5-12图　对数幅频渐近特性曲线

解：(a) $G(s)=\dfrac{K(T_2s+1)}{(T_1s+1)(T_3s+1)}$；$(\dfrac{\omega_2}{\omega_1}=1000,\ \dfrac{\omega_2}{\omega_1}=3\dfrac{\omega_3}{\omega_2})$；$K=100$，$T_3=0.01$，$T_2=0.1$，$T_1=100$；

$G(s)=\dfrac{100(0.1s+1)}{(100s+1)(0.01s+1)}$。

(b) $G(s)=\dfrac{K(T_1s+1)}{s^2(T_2s+1)}$；$K=100$，$\omega_1=\sqrt{10}$，$\omega_2=100\sqrt{10}$，$T_1=0.316$，$T_2=0.00316$；

$G(s)=\dfrac{100(0.316s+1)}{s^2(0.00316s+1)}$。

(c) $G(s)=\dfrac{Ks^2}{(T_1^2s^2+2\zeta T_1s+1)(T_2s+1)}$；$K=10$，$\zeta=0.05$，$T_1=1$，$T_2=0.1$；

$$G(s)=\frac{10s^2}{(s^2+0.1s+1)(0.1s+1)}$$。

五、若单位反馈系统的传递函数为$G(s)=$，试确定系统稳定时的K值范围。

（这一题跟“08 知识要点与系统解析”上的题 5-19 很类似，难度也差不多）

5-19 若单位反馈系统的传递函数为$G(s)=\dfrac{Ke^{-0.8s}}{s+1}$，试确定系统稳定时的$K$值范围。

解：计算临界点，$\angle G(j\omega_c)=-0.8\omega_c-\arctan\omega_c=-\pi$，$|G(j\omega_c)|=K_c/(1+\omega_c^2)^{1/2}=1$；

$\omega_c=2.44822$，$K_c=2.64458$；

使闭环系统稳定的K值范围：$0<K<2.64$。

六、校正题。（题目出的很难，也记不住了，可以看下题）

设单位负反馈系统的开环传递函数

$$G_0(s)=\frac{40}{s(0.2s+1)(0.0625s+1)}$$，

(1) 若要求相角裕度>30°，幅值裕度 10～12dB，试设计串联超前校正环节；

(2) 若要求相角裕度>50°，幅值裕度 30～40dB，试设计串联滞后校正环节；

解：本题未提出剪切频率指标，为便于计算选取适当的ω_c。

(1) 设校正后的开环传递函数为$G(s)=\dfrac{40}{s(as+1)(bs+1)}$；于是有：

$\gamma=180^\circ-90^\circ-\arctan(a\omega_c)-\arctan(b\omega_c)=30^\circ$，

$\arctan\dfrac{a\omega_c+b\omega_c}{1-ab\omega_c^2}=60^\circ$，$\sqrt{3}ab\omega_c^2+(a+b)\omega_c-\sqrt{3}=0$；

$$|G(j\omega_c)|=\frac{40}{\omega_c\times\sqrt{a^2\omega_c^2+1}\times\sqrt{b^2\omega_c^2+1}}=1$$，

$\omega_c^2(a^2\omega_c^2+1)(b^2\omega_c^2+1)=1600$；

$-90^\circ-\arctan(a\omega_g)-\arctan(b\omega_g)=-180^\circ$，$\omega_g=1/\sqrt{ab}$；

$20\log|G(j\omega_g)|^{-1}=20\log\dfrac{a+b}{40ab}=10\sim12$；可取 $\dfrac{a+b}{ab}=(126.5\sim159.2)=C$；

可知，计算相当烦琐。设计串联超前校正环节及满足幅值裕度要求，试探选取

$a=0.03<0.2$ 和 $b=0.01<0.0625$ $(C=133.33)$；即 $G(s)=\dfrac{40}{s(0.03s+1)(0.01s+1)}$；

检验：计算得 $\omega_c=28.99\ rad/s$；$\gamma=32.8°$；

（$\omega_g=57.735\ rad/s$；$20\log k_g=20\log(0.04/0.012)=10.46$，$10<20\log k_g<12$；）

答案：所求超前校正网络为 $G_c(s)=\dfrac{(0.2s+1)(0.0625s+1)}{(0.03s+1)(0.01s+1)}$，两级串联超前校正网络。

或选取 $a=0.032$ 和 $b=0.008$ $(C=156.25)$；即 $G(s)=\dfrac{40}{s(0.032s+1)(0.008s+1)}$；

检验：计算得 $\omega_c=28.71\ rad/s$；$\gamma=34.5°$；

（$\omega_g=62.5\ rad/s$；$20\log k_g=20\log(0.04/0.01024)=11.8dB$，$10<20\log k_g<12$；）

对应的超前校正网络为 $G_c(s)=\dfrac{(0.2s+1)(0.0625s+1)}{(0.032s+1)(0.008s+1)}$，两级串联超前校正网络。

(2) 本题对幅值裕度要求很高。考虑滞后校正对 ω_g 处的相角影响，取校正后 $\omega_g=8.5\ rad/s$；

有 $\angle G_0(j8.5)=-90°-\arctan1.7-\arctan0.531=-177.5°$；留有 $\angle G_c(j8.5)=-2.5°$；

据幅值裕度要求 $20\log k_g=30\sim40$；取 $k_g=57$；

$|G_0(j8.5)|=40/(8.5\times1.97\times1.13)=2.11$；

再由 $|G_c(j8.5)|\times|G_0(j8.5)|=1/57$ 得知 $\beta=G_g(j8.5)=120$；此时可计算校正后的剪切频率，

设 $\angle G_0(j\omega_c)=-95°$；$\angle G_c(j\omega_c)=-35°$，得 $\omega_c=0.3325\ rad/s$；

由于 $\beta=120$ 过大，且 $\omega_c=0.3325\ rad/s$ 又很小，需要采用三级滞后校正，参数分配为

$\beta=\beta_1\times\beta_2\times\beta_3=6\times5\times4=120$

计算各校正环节参数时，准确保证β_i的值，并限制滞后相角。计算得到：

$G_{c1}(s)=\dfrac{10s+1}{62.6s+1}$； $G_{c2}(s)=\dfrac{15s+1}{76.4s+1}$； $G_{c3}(s)=\dfrac{20s+1}{80.9s+1}$；

检验校正环节：

$|G_{c1}(j0.3325)|=1/6.002$； $|G_{c2}(j0.3325)|=1/4.998$； $|G_{c3}(j0.3325)|=1/4.003$；

$\angle G_{c1}(j0.3325)=-14.0°$； $\angle G_{c2}(j0.3325)=-9.1°$； $\angle G_{c3}(j0.3325)=-11.5°$；

则有 $\gamma=180-95-14-9.1-11.5=50.4°$；

$\angle G_{c1}(j8.5)=-0.57°$； $\angle G_{c2}(j8.5)=-0.36°$； $\angle G_{c3}(j8.5)=-0.46°$；

$\angle G_c(j8.5)=-1.39°$；

计算表明,校正后 ω_g 在$8.5\sim8.9$间，按$\omega_g=8.5\ rad/s$计算，

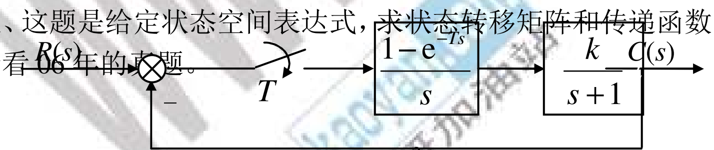
$|G_0(j8.5)|\times|G_C(j8.5)|=2.11/(6.26\times5.09\times4.14)=1/62.52$；

$20\log(62.52)=35.9\ db$；

检验结果表明设计满足要求，校正环节为：

$G_c(s)=\dfrac{(10s+1)(15s+1)(20s+1)}{(62.6s+1)(76.4s+1)(80.9s+1)}$ 或 $G_c(s)=\dfrac{(10s+1)(15s+1)(11s+1)}{(62.6s+1)(76.4s+1)(45.5s+1)}$。

七、离散系统方框图如图。采样周期 T=1，设 k=10，分析系统的稳定性，并求出系统临界稳定的放大系数 k.(原题，此题是哈工程 01 年真题)



八、这题是给定状态空间表达式，求状态转移矩阵和传递函数，主要是拉普拉斯变换的应用。请看 06 年的真题。

。

八(15 分)求二阶线性定常系统 $\ddot{y}+\omega^2 y=0$ 的状态空间表达式及其状态转移矩阵。

解：状态空间表达式(能控标准形实现)为($u(t)\equiv0$)

$$\dot{\mathrm{x}}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -\omega^2 & 0\end{bmatrix}\mathrm{x}+\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}u,\quad y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}\mathrm{x};$$

$$(s\mathrm{I}-A)^{-1}=\frac{1}{s^2+\omega^2}\begin{bmatrix}s & 1\\ -\omega^2 & s\end{bmatrix};$$

该实现的状态转移矩阵为 $\Phi(t)=\begin{bmatrix}\cos t & \sin t/\omega \\ -\omega\sin t & \cos t\end{bmatrix}$。

九、设关联系统∑1 和∑2 的状态空间表达式为（原题）：

∑1：$\dot{x}1=\begin{bmatrix}0 & 1 \\ -3 & -4\end{bmatrix}x1+\begin{bmatrix}0 \\ 1\end{bmatrix}u1$ $\quad y1=[21]\,x1$；

∑2：x2=-2x2+u y2=x2

求出关联系统的∑能控性和能观性，并求出传递函数。

解：关联有两种情况，并联和串联，因此这题要分并联和串联两种情况讨论。

十、设计状态观测器，这题没记清，题目不难，好好看教材就行了。