哈尔滨工业大学

2019 年硕士研究生考试试题

考试科目：控制原理　　　**考试科目代码：**[801]

考生注意：答案务必写在答题纸上，并标明题号。答在试卷上无效。

一、（15 分）图 1 为一汽车的主动悬架系统简图。m_s、m_u 为质量，C_s 为阻尼，k_s、k_t 为刚度，z_r 为路面扰动，z_s、z_n 为相应的位移。u 为控制输入（即控制器输出油缸作用在悬架系统上的力），试列出此系统的动力学方程（注：分别对 m_s 和 m_u 列写两个动力学方程，车轮质量不考虑）。

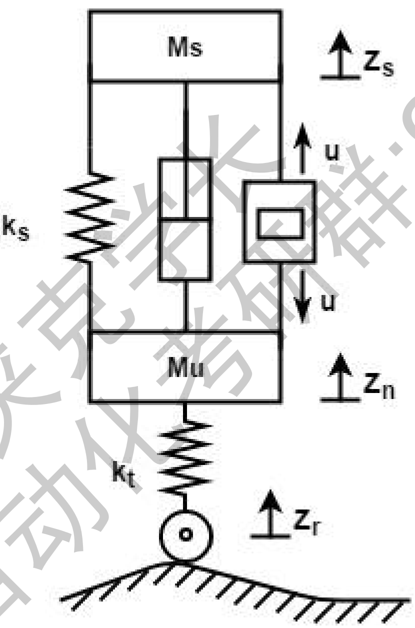

图 1

二、（15 分）设一位置伺服系统从输入 r 到输出 y 的闭环传函为 $\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{b_0s+b_1}{s^2+a_1s+a_2}$，设传函中各系数可选，试根据下列要求来确定这些参数的值。

（1）超调量 $\sigma=5\%$

（2）过渡时间 $t_s=0.5s$（$\Delta=0.02$）

（3）阶跃输入下的 $e_{ss}=0$

（4）斜坡输入 $\dot{r}=0.1m/s$ 下的 e_{ss} 不大于 0.001 m

三、（15 分）$d(s) = s^4 + 5s^3 + 7s^2 + 5s + 6$，试用 Routh 稳定判据来分析 $d(s)$ 根的分布情况。

四、（15 分）设一单位反馈系统如图 2 所示，$G(s) = \dfrac{k(s+1)(0.3s+1)}{s^2(10s+1)}$，试绘制此系统的根轨迹，要求如下：

（1）（8 分）标出实轴上根轨迹的线段，根轨迹与虚轴的交点值，根轨迹出射角、根轨迹的分离点（或会和点）；

（2）（7 分）绘制根轨迹的大致图形。

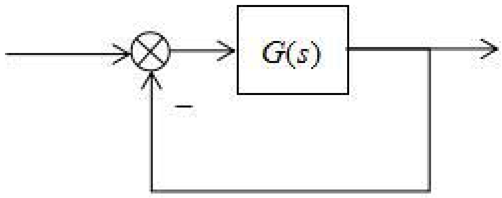

图 2

五、（15 分）设一单位负反馈系统的开环 Bode 图近似特性如下图所示：

（1）（7 分）写出其对应的传递函数 $G(s)$；

（2）（8 分）此系统的阶跃响应有没有静态误差？试给出此闭环系统在单位阶跃输入下的响应曲线 $y(t)$ 的图形（满分要求能在 $y(t)$ 上标必要的特征数据）。

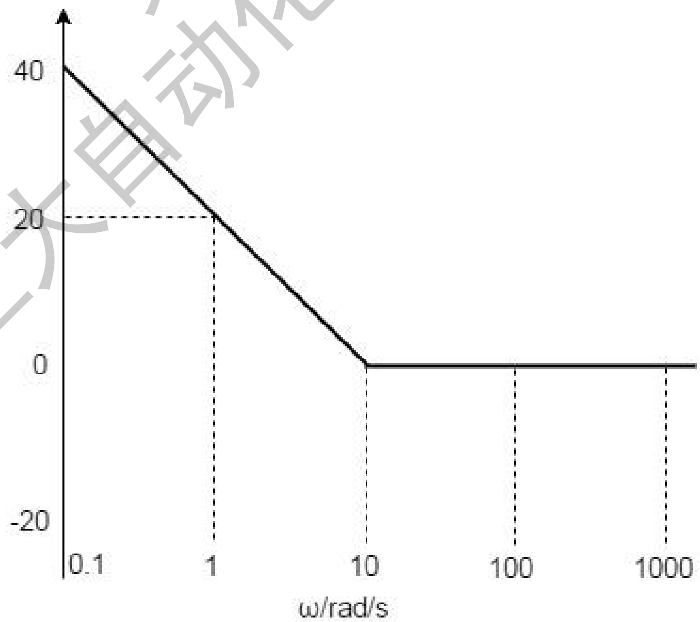

图 3

六、（15 分）设一数字控制系统如图 4 所示。

（1）（8 分）列出离散化对象的 z 的传递函数 $G(z)$。

（2）（7 分）设控制器为比例控制器 $D(z)=k$，试用根轨迹法在 z 平面上分析系统稳定性与 k 值的关系（注：离散域与连续域绘制根轨迹的法则相同，本题只要求绘制根轨迹的大致图形）。$z\left(\dfrac{1}{s}\right)=\dfrac{z}{z-1}$，$z\left(\dfrac{1}{s^2}\right)=\dfrac{Tz}{(z-1)^2}$，$z\left(\dfrac{1}{s^3}\right)=\dfrac{T^2z(z+1)}{2(z-1)^3}$

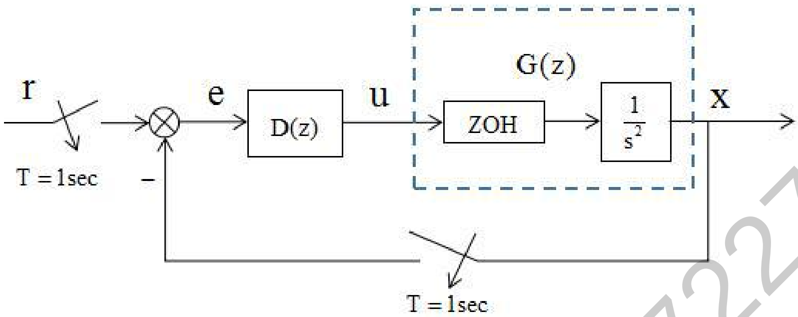

图 4

七、（15 分）试用描述函数法分析图 5 所示带饱和特性系统的平衡点稳定性和大范围稳定性，并给出相应结论。分析中需要有必要的数据。图 6 为饱和环节的描述函数，本题中斜率 $k=1$。

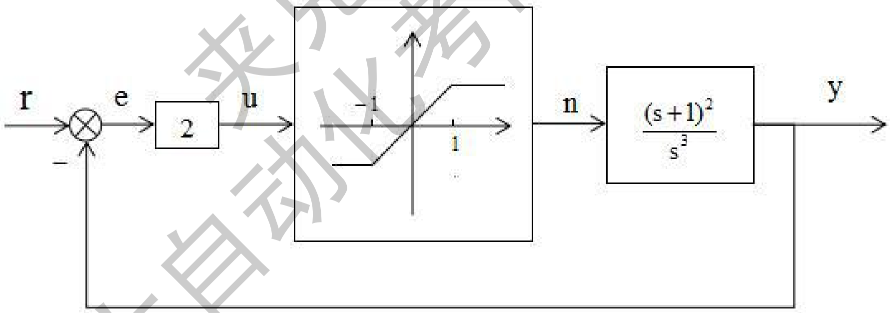

图 5

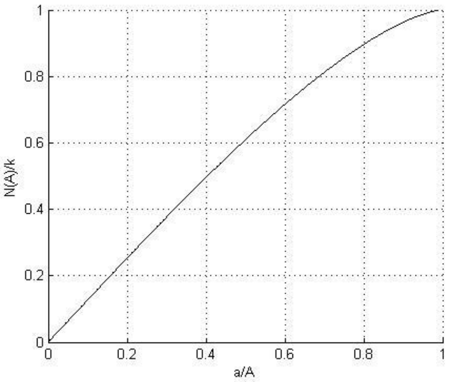

图 6

八、（15 分）已知下列二阶非线性范德堡（UanderPol）方程的阻尼与 x 值的大小有关，要求用相平面描述该系统的特性。

$$\ddot{x} - M(1-x^2)\dot{x} + x = 0\text{，}\quad 2 > M > 0$$

（1）（8 分）说明此系统的奇点（坐标），并用奇点附近的小偏差线性化方程来说明该奇点的类型。
（2）（7 分)根据奇点的性质和上述的 UanderPol 方程的基本性质给出此系统大致的相平面图（坐标范围±3），并给出相应结论。

九、（15 分）设有一电机的调速系统（即系统的输出为电机的转速），电机对象的状态方程为

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -3x_1 + u \\ y = x_1 \end{cases}$$

式中 x_1 为电机转速，u 为控制输入，y 为输出。

（1）（8 分）设系统的转速误差为 e，$e = y - r$，r 为参考输入，本例中可设 $r = 0$。为消除误差的积分 x_2 来进行积分控制，$x_2 = \int e\mathrm{d}t$。试设计此系统的状态反馈律，要求闭环后此二阶系统固有频率 $\omega_n = 5\mathrm{rad/s}$，阻尼比 $\zeta = 0.5$。
（2）（7 分）画出加反馈此积分控制系统完整的结构图，并标上各信号的正负号。

十、（15 分）设一非线性系统的状态方程为：

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - x_1(x_1^2 + x_2^2) \\ \dot{x}_2 = -x_1 - x_2(x_1^2 + x_2^2) \end{cases}$$

（1）（8 分）试用李雅普诺夫第二法分析其平衡状态的稳定性。
（2）（7 分）并分析其大范围的稳定性。