

浙江农林大学 2022 - 2023 学年第二学期研究生课程考试卷

课程名称：机电系统的建模、分析与仿真

注意事项：1、本试卷满分 100 分。

题号	一	二	三	四	五	六	得分
得分							
评阅人							

一、简单题（每题 3 分，共 30 分）

- 1、简述机电控制系统及其分类。
- 2、简述机电系统数学模型的共性关键技术。
- 3、简述机械与电路系统的相似性，试举例说明。
- 4、什么是仿真？系统仿真在机电系统设计中有什么作用？
- 5、机电系统非线性对系统性能有什么影响？
- 6、试比较 M 文件和 M 函数的异同点。
- 7、简述 PID 控制器的基本原理。
- 8、在 Simulink 中齿轮机构如何进行建模与仿真？
- 9、试述平面连杆机构的数学描述，以及速度、加速度矢量图的画法。
- 10、简述 Simulink 中动态系统、连续系统、离散系统和混合系统的区别与联系。

二、仿真题（共 6 题，每题 10 分，共 60 分）

1、典型二阶系统

$$G(S) = \frac{\omega_n^2}{S^2 + 2\xi\omega_n S + \omega_n^2}$$

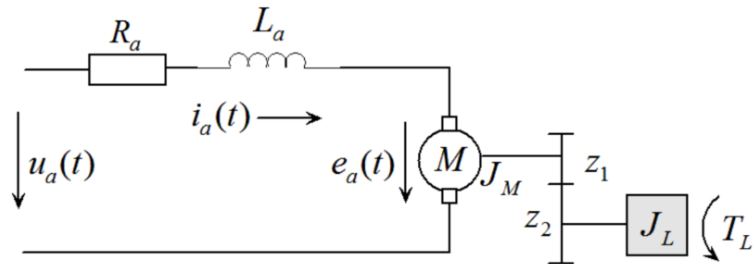
求当 $\omega_n=8$, $\xi=0.2$ 时，在时间向量 $t=[0:0.01:3]$ 下的单位阶跃响应和单位脉冲响应（10 分）

2、对于系统 $G(s) = \frac{400}{s(s^2 + 200s + 200)}$ ，进行相位超前校正，满足如下性能

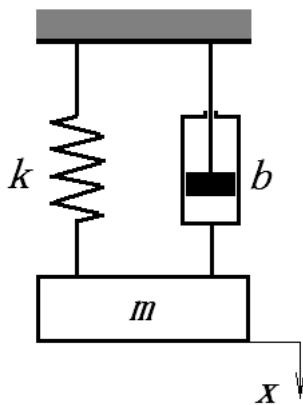
指标：（1）速度稳态误差 $e_{ss} \leq 0.1$ ；（2）相位裕度 $P_M = 45^\circ$ ；（3）幅值穿越频率 $\omega_{gc} = 14 \text{ rad/s}$ 。（10 分）

3、某直流电动机驱动系统如图所示，已知电动机电枢回路的电阻 R_a 、电感 L_a 、电枢电动势常数 K_b 、电磁转矩常数 K_t 、电动机转动惯量 J_M ，齿轮机构小齿轮齿数 z_1 、大齿轮齿数 z_2 ，负载转动惯量 J_L ，负载转矩

T_L 。设齿轮传动机构是理想的，且不考虑齿轮机构的转动惯量，（1）以电枢外加电压为输入，以负载转角为输出，建立该系统的传递函数模型；（2）若设 $T_L = 0$ ，试写出该系统的标准形式的传递函数和状态方程。（10 分）



4、在下图所示的系统中，已知质量 $m = 1\text{kg}$ ，阻尼 $b = 2\text{N}\cdot\text{sec}/\text{m}$ ，弹簧系数 $100\text{N}/\text{m}$ ，且质量块的初始位移 $x(0) = 0.05\text{m}$ ，其初始速度 $x'(0) = 0\text{m}/\text{sec}$ ，要求创建该系统的 SIMULINK 模型，并进行仿真运行。（10 分）



5、试对比 $G_1(s) = \frac{s-2}{s^2+0.1s+2}$ 和 $G_2(s) = \frac{2-s}{s^2+0.1s+2}$ 的 Nyquist 图和 Bode 图，特别注意 Bode 图中的相角变化，并比较分析这两个系统的特性。（10 分）

6、如下图所示的齿轮五连杆机构运动简图，通过改变齿轮机构传动比和各杆的杆长，通过运动副 3 可以得到各种形状的连杆曲线。已知 $L_{12}=1.0\text{m}$ ， $L_{23}=6.0\text{m}$ ， $L_{34}=5.0\text{m}$ ， $L_{45}=1.5\text{m}$ ， $L_{15}=1.5\text{m}$ ， $Z_1:Z_2=1:2$ ，运动副 1 的初始位置为 $x_1=0$ ， $y_1=0$ ；运动副 3 的初始位置为 $x_3=3$ ， $y_3=0$ ，曲柄杆 L_{12} 的初始角为 45° ， L_{45} 的初始角为 -90° ，曲柄杆 L_{12} 以角速度

为 1.5rad/s 匀速转动，各杆的力学参数见下表。试仿真分析运动副 1 的受力情况和运动副 3 的运动情况。（10 分）

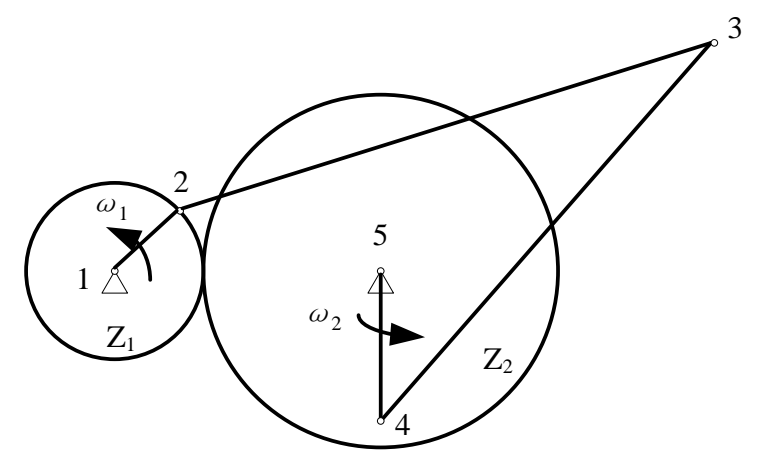


表 各杆的力学参数表

构件	质量/kg	转动惯量/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	质心距/m
1	30	15.3	0.2
2	30	0.05	3.0
3	25	0.03	2.5
4	70	18	0.2

三、综合拓展题（共 2 题，每题 5 分，共 10 分）

1、一台三相四极鼠笼型转子异步电机，额定功率 $P_n=10\text{kW}$ ，额定电压 $V_{1n}=380\text{V}$ ，额定转速 $n_n=1455\text{r/min}$ ，额定频率 $f_n=50\text{Hz}$ 。已知定子每相电阻 $R_s=0.458\Omega$ ，漏抗 $X_{1s}=0.81\Omega$ ，转子每相电阻 $R=0.349\Omega$ ，漏抗 $X_L=1.467\Omega$ ，励磁电抗 $X_m=27.53\Omega$ 。采用 Simulink 工具，试求：

- 1) 额定负载运行状态下的定子电流、转速和电磁力矩。
- 2) 当 $t=0.2\text{s}$ 时，负载力矩增大到 100Nm ，变化后的定子电流、转速和电磁力矩。

2、被控对象模型参数 $\omega_n=1\text{rad/s}$ ， $\zeta=0.8$ 。系统的单位阶跃响应性能指标为：超调量 $\leq 10\%$ ；上升时间为 2s （响应从零第一次上升到终值所需的时间）；调节时间为 5s （误差范围为 $\pm 5\%$ ）。并给定 PID 控制器参数的初始值为： $K_p=1.89903$ ， $T_i=0.816\ 075$ ， $T_d=0.222\ 896$ 。试利用 Signal Constraint 优化模块确定满足上述性能指标的 PID 控制器参数 K_p 、 T_i 和 T_d 。（5 分）

