

## 实验二 典型系统动态性能和稳定性分析

2212266 智能科学与技术 张恒硕

### 一. 实验目的

1. 学习和掌握动态性能指标的测试方法。
2. 研究典型系统参数对系统动态性能和稳定性的影响。
3. 利用 matlab 仿真模拟，验证实验结果。

### 二. 实验内容

观测二、三阶系统的阶跃响应，测出其超调量和调节时间，并研究其参数变化对动态性能和稳定性的影响。

### 三. 实验步骤

1. 熟悉实验装置，利用实验装置上的模拟电路单元，参考电路图，设计并连接由一个积分环节和一个惯性环节组成的二阶闭环系统的模拟电路，观测其阶跃特性，并测出其超调量和调节时间。改变参数，观测参数对系统动态性能的影响。
2. 利用实验装置上的模拟电路单元，参考电路图，设计并连接由一个积分环节和两个惯性环节组成的三阶闭环系统的模拟电路，观测其阶跃特性，并测出其超调量和调节时间。改变参数，观测参数对系统动态性能的影响。
3. 分析实验结果，完成实验报告。
4. 使用 matlab 进行仿真模拟。

### 四. 实验结果分析

1. 典型二阶系统  
其方块图如下：

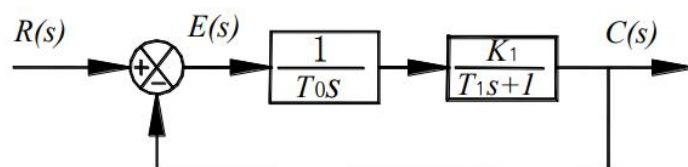


图2.1.1

其模拟电路如下：

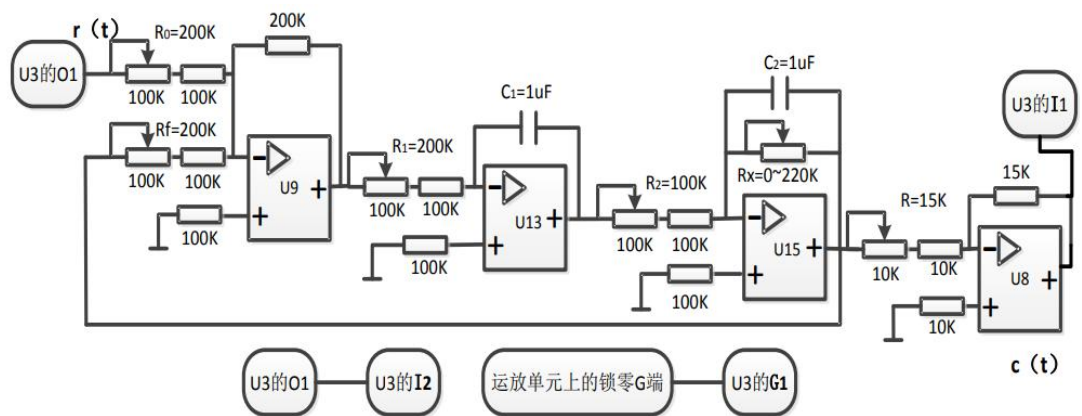
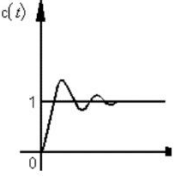

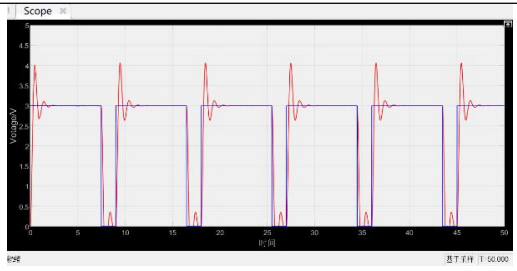
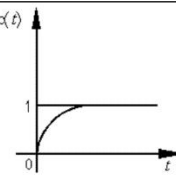
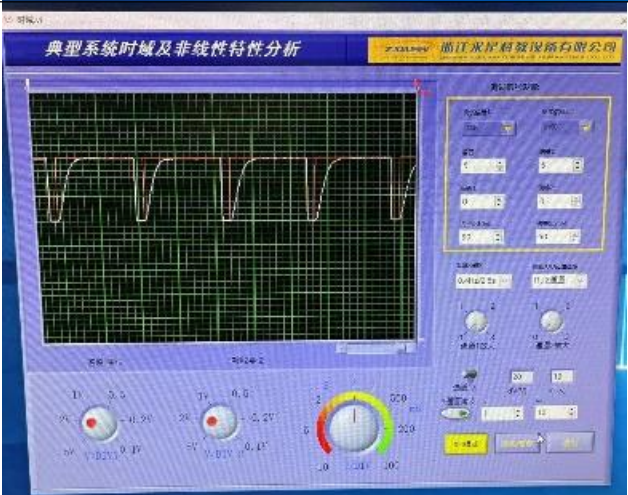
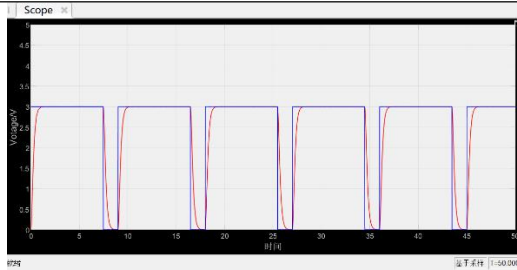


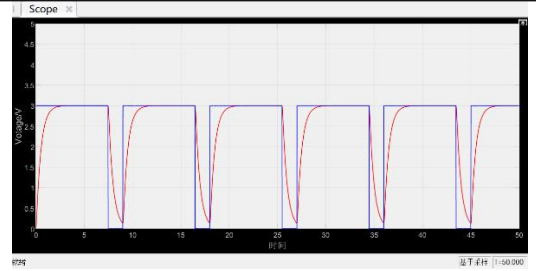
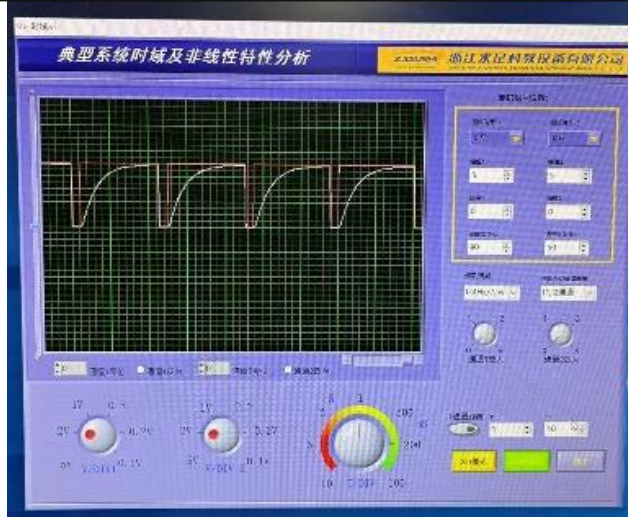
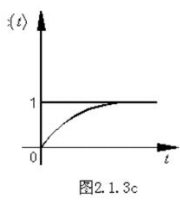
图2.1.2

其开环传递函数为  $G(s) = \frac{K}{s(T_1s + 1)_1}$ ,  $K = \frac{K_1}{T_o}$ ,

其闭环传递函数为  $W(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$ , 其中  $\omega_n = \sqrt{\frac{K_1}{T_1 T_o}}$ ,  $\xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_o}{K_1 T_1}}$ 。

实验结果如下:

状态 欠阻尼	阶跃响应预期 曲线	实验曲线	Matlab 仿真图像	Rx(KΩ)
	 <p>图2.1.3a</p>			220
临界阻尼	 <p>图2.1.3b</p>			72



分析:

在阶跃信号下, 逐渐减小  $R_x$ , 可以观察到二阶系统由欠阻尼状态过渡到临界阻尼状态, 再到过阻尼状态, 图像由衰减振荡变为单调上升。在此过渡过程中, 阻尼比越小, 对应的上升时间越短, 响应速度越快, 超调量也会越大。Matlab 的仿真结果也符合要求。

## 2. 典型三阶系统

其方块图如下:

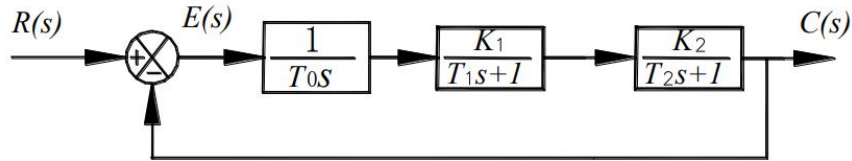


图2.2.1

其模拟电路如下:

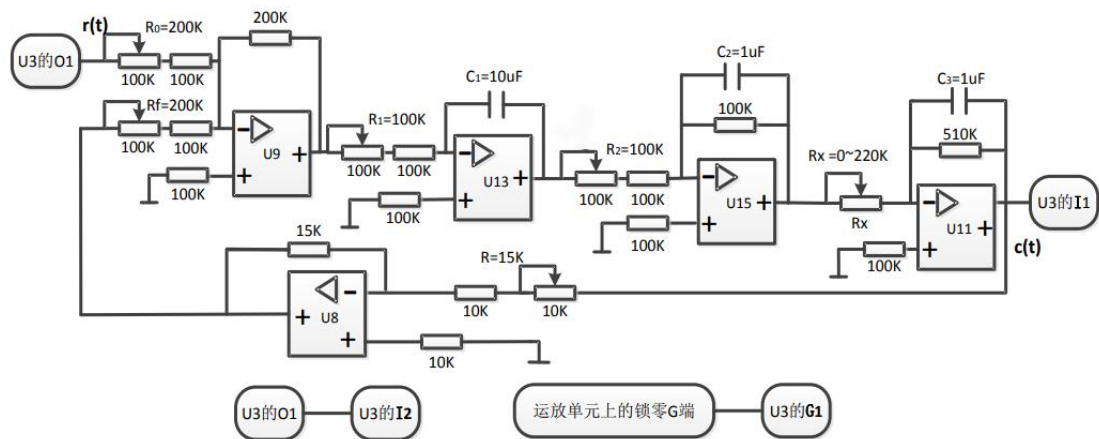


图2.2.2

其开环传递函数为  $G(s) = \frac{K}{s(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$ , 其中  $K = \frac{K_1 K_2}{T_o}$ 。

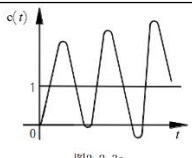
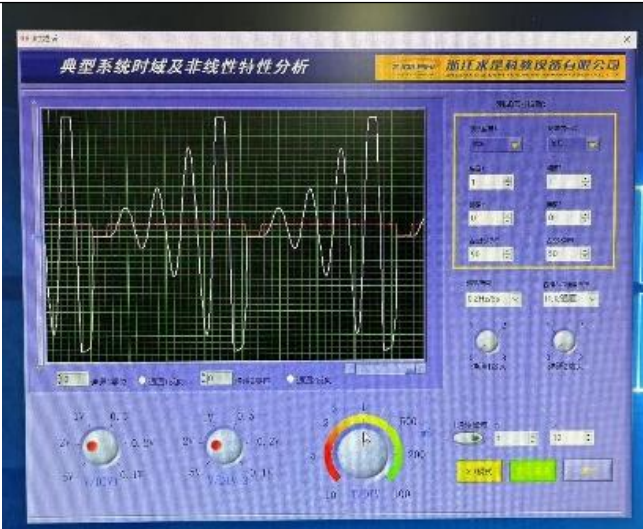
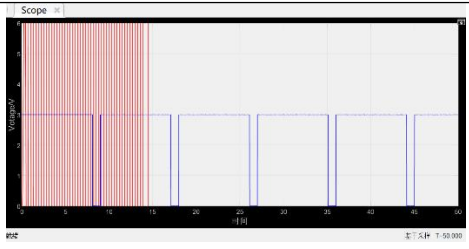
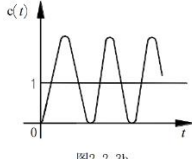
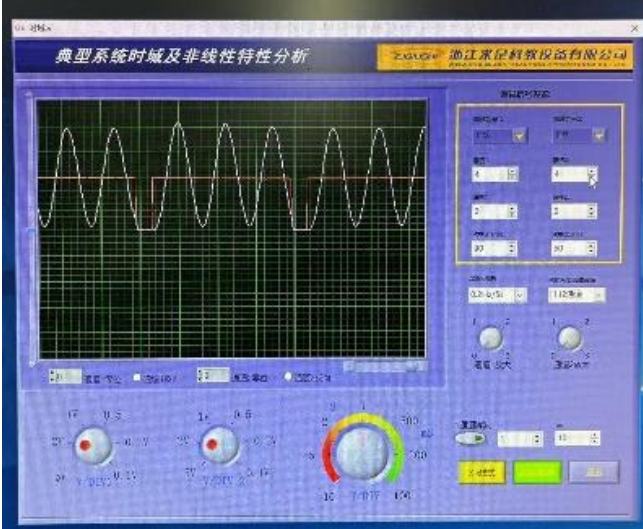
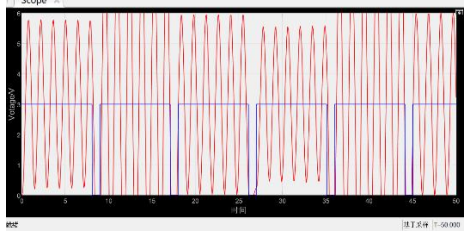
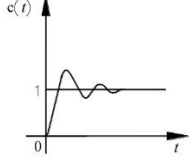

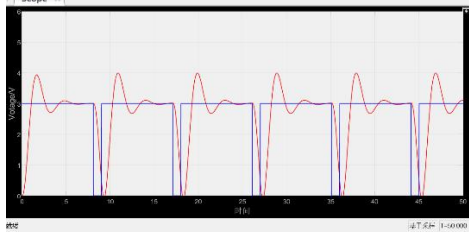
开环传递函数为  $G(s)H(s) = \frac{K}{s(0.1s + 1)(0.5s + 1)}$ ,  $K = 500 / R_x$ ,  $R_x$  的单位为  $K\Omega$ 。

系统特征方程为  $s^3 + 12s^2 + 20s + 20K = 0$ , 根据劳斯判据得到:



系统稳定	$0 < K < 12$
系统临界稳定	$K = 12$
系统不稳定	$K > 12$

实验结果如下:

状态	阶跃响应预期曲线	实验曲线	Matlab 仿真图像	Rx (KΩ)
不稳定	 <p>图2.2.3a</p>			4.8
临界稳定	 <p>图2.2.3b</p>			43
稳定	 <p>图2.2.3c</p>			211.56

---

分析：

在阶跃信号下，逐渐增大  $R_x$ ，可以观察到典型三阶系统由不稳定状态过渡到临界稳定，再到稳定状态，图像由不会稳定变为最终稳定。在此过渡过程中， $R_x$  升高，系统的开环传递系数  $K$  降低，系统逐渐趋于稳定。

由理论值算得，当系统处于临界稳定状态时， $R_x$  的阻值大致为  $41.7\text{k}\Omega$ ，与实验结果基本吻合，也与 Matlab 的仿真结果接近。

## 五. 实验总结收获

1. 了解了典型二、三阶系统的工作原理、电路组成、对于单位阶跃信号的响应特点与响应曲线，加强了对电路的分析能力，也增强了分析曲线形成原理的能力。
2. 亲手连接了电路，加强了对电路的熟悉和理解，并且提高了动手能力。
3. 在对参数的调节过程中，通过整体把控多个环节，实现了同一电路的不同工作状态，并直观观察到了系统典型参数对系统动态性能与稳定性的影响。对阻尼比、开环增益等参数有了更深刻的认识。