

基于 MATLAB 的机电控制系统的 二阶系统的单位阶跃响应分析

白博 李自成 戚滔 刘凌峰 赵子渊

(成都理工大学工程技术学院, 四川 乐山 614000)

摘要 在工程计算领域以及科学研究领域中, 通常会遇到许多复杂的问题。并且, 这些复杂的问题一般很难用话语表达清晰, 所以, 可通过使用计算机编程, 用具体的图像来表达, 通过借助于 MATLAB 软件可以迅速而准确地求出结果。由于在机电控制系统当中二阶控制系统的应用具有比较广泛的特点, 所以本文将在 MATLAB 软件的使用基础上对二阶控制系统的单位阶跃响应进行分析。

关键词 MATLAB 时域分析 二阶控制系统 单位阶跃响应

中图分类号: O242.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)09-0013-03

在自动工程控制中, 通常会遇到有关于绘图等一些复杂科学计算问题。而且, 工程当中一般为了使自动控制系统满足稳定性、准确性等性能指标, 要使用到 MATLAB 将数值计算和可视化集中到一起。

在进行控制系统的分析和控制时, 通常采用一种非常重要的控制理论方法, 它是时域分析法, 该分析法包括系统的稳定性分析、动态性能和稳态性能指标的计算等内容。

其中二阶系统是最常见的一种系统, 很多高阶系统可以简化为二阶系统。在典型传输信号的作用下, 动态过程和稳态过程的两个部分构成每个控制系统的时间响应^[1]。因此, 动态性能指标和稳态性能指标通常在典型输入信号的作用下构成控制系统的性能指标。

1 仿真工具

本论文是通过使用 MATLAB 进行仿真, 该软件是一种科学与工程计算语言, 该软件以矩阵计算为基础, 同时融合了计算、可视化、程序设计等几个特征和容易理解学习的、可以交流互动的工作环境中表现出来, 其具有强有力的数值运算、进行系统分析、将数据进行处理、必要时进行图形显示等功能。它主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分^[2]。这个软件和其他计算机语言进行比较可以发现, MATLAB 具有的特点十分独特:

1. 比较简单, 容易理解、学习与掌握。
2. 代码短小精炼, 效率高, 集成度高, 语言简洁。
3. 功能齐全丰富, 具有很强的扩展性。

4. 图形表达功能十分强大。
5. 具有强大的系统仿真功能。

2 标准形式的二阶系统结构图

二次线性系统简称为“二次系统”。动态系统, 由两个独立的状态变量组成。线性二次负反馈系统和二次正反馈系统可以分离。平方线性负反馈的特征行为是寻找目标, 一般分为缺陷阻尼形式和上述阻尼形式^[3]。在卸载动作模式下, 系统变量最初超过最终值, 但最终从峰值开始减小, 显示振动减小, 最终趋于目标值。这种行为可能是由于反馈周期延迟过长或校正系统与系统目标之间的偏差过大造成的, 过度衰减模式单调地接近设定值。二阶线性正反馈系统的行为趋于无穷大, 而使系统行为的振荡增加。二阶线性系统与一阶系统的最大区别在于, 它可以产生振荡行为, 包括等幅振荡、幅递减振荡和幅递增振荡^[4]。

3 二阶系统的单位阶跃响应分析

单位步长响应是指系统在单位步长信号的作用下生成的零状态响应。因为可以使系统的动态特性产生较大的反应, 因此它是分析系统时非常重要且经常使用的响应类型。零状态响应是指系统接收指定输入(在此为单位步骤输入)所产生的响应变化^[5]。

分析二阶系统 $\Phi(s)=C(s)/R(s)=\omega_n^2/s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2$ 的阻尼系数对系统输出的影响。其实现的 MATALB 代码如下 ($\omega_n=1$):

```
>>num=[1];den=[1 0 1];t=0:0.01:25;
>>step(num,den,t)
```

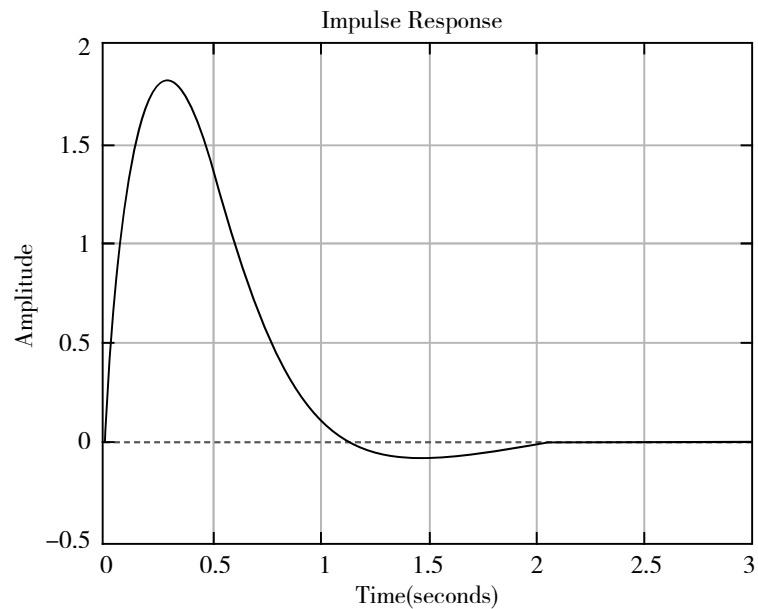


图1 系统单位脉冲响应

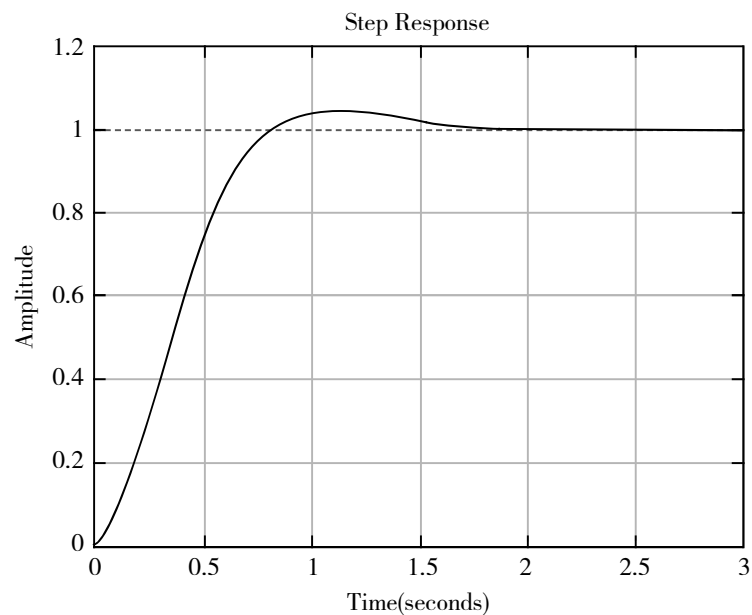


图2 系统单位阶跃响应

```

grid on
hold on
>>den=[1 0.2 1];step(num,den,t)
>>den=[1 0.4 1];step(num,den,t)
>>den=[1 0.6 1];step(num,den,t)
>>den=[1 0.8 1];step(num,den,t)
>>den=[1 1.0 1];step(num,den,t)
>>den=[1 1.2 1];step(num,den,t)
>>den=[1 1.4 1];step(num,den,t)
>>den=[1 1.6 1];step(num,den,t)
>>den=[1 1.8 1];step(num,den,t)
>>den=[1 2.0 1];step(num,den,t)
>>legend('0','0.1','0.2','0.3','0.4','
0.5','0.6','0.7','0.8','0.9','1.0',-1)

```

在过衰减和临界衰减响应曲线中,临界衰减响应具有最短的上升时间,响应速度最快。下倾斜($0 < \zeta < 1$)

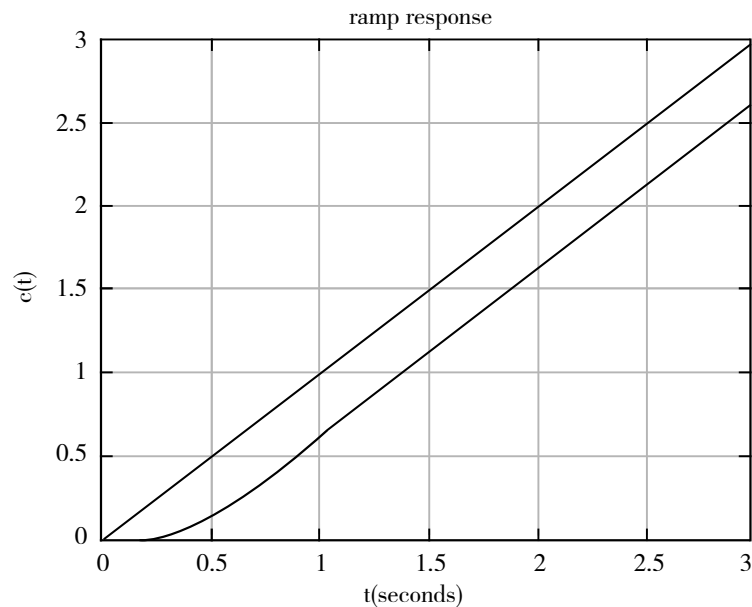


图3 系统单位斜坡响应

响应曲线中的倾斜比越小, 过冲量越大, 上升时间越短, 通常 ζ 0.4~0.8 比较合适, 超调量是适当的, 调节时间很短。如果二次系统相同的话 ζ 与 ω_n 不同, 其振荡特性相同, 但响应速度不同, ω_n 越大响应速度越快。

4 系统时域动态性能分析

已知系统的闭环传递函数为 $\Phi(s)=16/s^2+8\zeta s+16$, 其中 $\zeta=0.707$, 求二阶系统的单位脉冲响应, 单位阶跃响应和单位斜坡响应。

MATLAB 文本如下:

```
>> zeta=0.707;num=[16];den=[1 8*zeta 16];
>> sys=tf(num,den);
>> p=roots(den);
>> t=0:0.01:3;
>> figure(1)
>> impulse(sys,t);grid
>> xlabel('t');ylabel('c(t)');title('impulse
response');
>> figure(2)
>> step(sys,t);grid
>> xlabel('t');ylabel('c(t)');title('step
response');
>> figure(3)
>> u=t;
>> lsim(sys,u,t,0);grid
>> xlabel('t');ylabel('c(t)');title('ramp
response');
```

系统单位脉冲响应如图 1。

系统单位阶跃响应如图 2。

系统单位斜坡响应如图 3。

5 结论

应用 MATLAB 可以方便快捷地对二阶系统进行单位阶跃响应分析。系统对输入信号导数的响应等于系统对输入信号的响应的导数, 或系统对输入信号积分的响应等于系统对输入信号响应的积分。积分常数由零输出初始条件决定。虹系在欠阻尼时的响应虽有振荡, 但是, 如果衰减比适当 (ζ 在 0.707 左右), 系统有快速响应, 另外, 由于过程的稳定性过强, 在控制工程中经常设计二次系统的缺陷衰减。

参考文献:

- [1] 王海英, 袁丽英, 吴勃. 控制系统的 Matlab 仿真与设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2019.
- [2] 李渊, 杜秋月, 张明慧. Matlab 优化工具箱在机械优化设计中的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2019(11):58.
- [3] 胡涛松. 自动控制原理基础教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- [4] 结硕, 韩光胜. Matlab 在自动控制原理实验中的应用 [J]. 实验技术与管理, 2012(02):95-97.
- [5] 赵广元. Matlab 与控制系统仿真实验 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2016.