

【自动化技术】

非理想阶跃信号性质研究

王奕博, 岳瑞华, 陈连华

(第二炮兵工程学院 302 教研室, 西安 710025)

摘要:为减小阶跃信号激励下由于斜坡影响所产生的系统响应误差, 对非理想阶跃信号的性质进行了探索研究。分别讨论了斜坡对阶跃信号自身携带频谱的影响, 以及非理想阶跃激励信号上升时间对二阶系统参数辨识的影响, 给出了阶跃信号时域辨识的一般方法。通过仿真, 直观展现了非理想阶跃信号的性质。

关键词:非理想阶跃信号; 斜坡; 频谱; 二阶系统参数辨识

中图分类号: TP206⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2011)05-0108-03

在分析系统动态性能时, 常采用阶跃响应法, 即对系统施加阶跃信号激励, 从而对系统响应进行分析。这是因为阶跃信号含有丰富的频率成分, 能够在足够宽的频率范围内获取系统的频响特性。然而, 实际作用在系统上的信号不可能为理想的阶跃信号, 在阶跃的上升沿(正阶跃)或下降沿(负阶跃)往往有一个过渡过程, 他们的存在将给求得的系统动态性能带来不可避免的方法误差。

1 非理想阶跃信号

数学上, 阶跃信号的上升时间为零, 为了和实际具有一定上升时间的阶跃信号相区别, 将数学上定义的阶跃信号称为理想阶跃信号, 后者称为带斜坡的阶跃信号。其波形如图1所示。

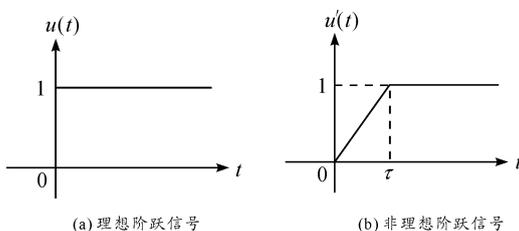


图1 理想阶跃信号与非理想阶跃信号

若令理想阶跃信号为 $u(t)$, 则带有斜坡的阶跃信号可用下式表示

$$u^*(t) = u(t - \tau) + \frac{t}{\tau} [u(t) - u(t - \tau)] \quad (1)$$

式中: τ 为斜坡上升时间。

$u^*(t)$ 的拉普拉斯(Laplace)变换为

$$U^*(s) = \frac{1 - e^{-\tau s}}{\tau s^2} \quad (2)$$

将 $e^{-\tau s}$ 在 $\tau=0$ 处作泰勒展开并进行线性化处理, 由于 τ 在实际中很小, 故忽略含有 τ 的二次项可得

$$e^{-\tau s} = 1 - \tau s \quad (3)$$

将式(3)带入式(2)可得

$$U^*(s) = \frac{1}{s} \quad (4)$$

而理想阶跃信号的拉普拉斯变换为

$$U(s) = \frac{1}{s}$$

以上推导说明, 在 τ 非常小时, 带有斜坡的非理想阶跃信号可以近似看做理想阶跃信号。

2 斜坡对阶跃信号频谱的影响

理想阶跃信号的频谱函数为

$$X(j\omega) = \pi\delta(\omega) + \frac{1}{j\omega} \quad (5)$$

其幅频响应为

$$|X(j\omega)| = \sqrt{[\pi\delta(\omega)]^2 + \frac{1}{\omega^2}} \quad (6)$$

幅频响应曲线如图2所示。

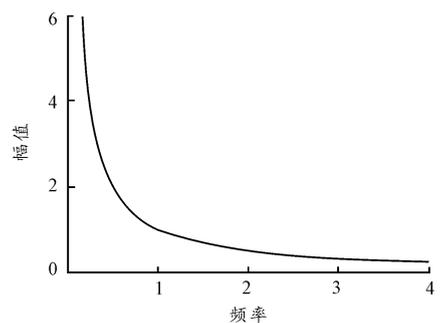


图2 理想阶跃信号幅频响应

由式(2)可得, 带斜坡阶跃信号的幅频响应函数为

$$|U^*(j\omega)| = \frac{2}{\tau\omega^2} \left| \sin \frac{\tau\omega}{2} \right| \quad (7)$$

由式(7)可得不同 τ 值对应的幅频曲线,以及由 τ 值影响产生的误差曲线,如图3所示。

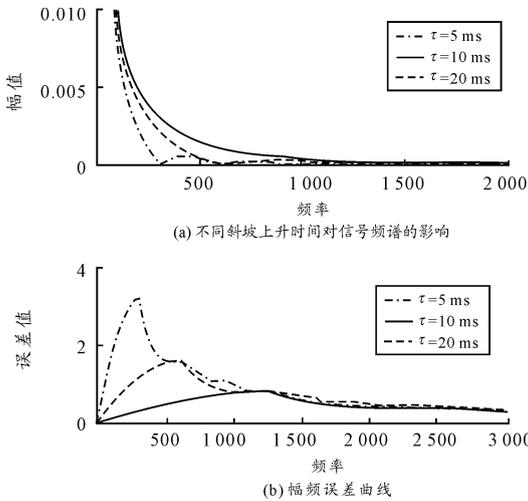


图3 带斜坡阶跃信号的幅频特性

由图3可知,上升时间 τ 越大,非理想阶跃信号的频谱衰减越快,能够激励的模式就越低。因此,在对系统进行阶跃响应分析时,需要考虑信号能否激发出系统的主要模式。

3 斜坡上升时间 τ 对系统参数辨识的影响

对于理想的二阶系统,其传递函数表达式为

$$G(s) = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (8)$$

式中: K 为系统增益; ξ 为阻尼比, $0 < \xi < 1$ 为欠阻尼系统; ω_n 为自然频率。

在利用阶跃信号进行系统辨识的过程中,由于非理想阶跃信号斜坡的存在,势必会对辨识参数产生不可避免的方法误差。将带有斜坡的非理想阶跃信号 $u^*(t)$ 通过式(8)表示的系统,可得到一系列响应数值 $(t_i, y(t_i))$,把这些响应数值作为理想阶跃信号激励下系统的响应,可得出斜坡上升沿时间 τ 对系统参数的影响曲线,如图4所示。

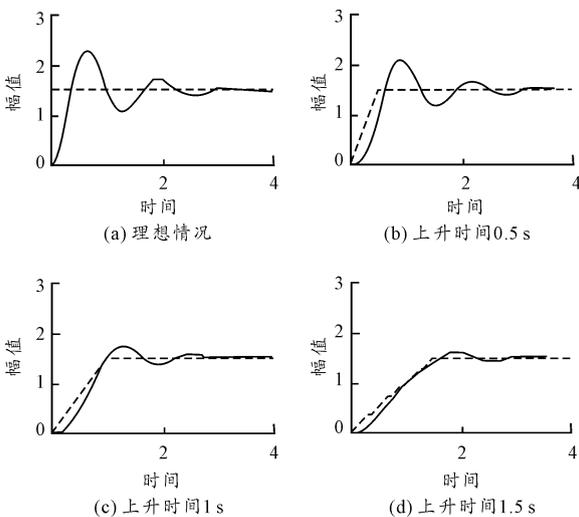


图4 非理想阶跃信号激励下二阶系统响应曲线

由图4可以清晰地看到:对于上升时间较短的非理想阶跃信号,其响应波形与理想阶跃信号的响应波形基本保持一致,随着斜坡上升时间的变长,系统的响应曲线出现了明显变化。

将非理想阶跃信号激励下二阶系统的响应作为输出,将理想阶跃信号当作输入,利用阶跃信号时域辨识法,对系统阻尼比和自然频率进行辨识。辨识步骤如图5所示。

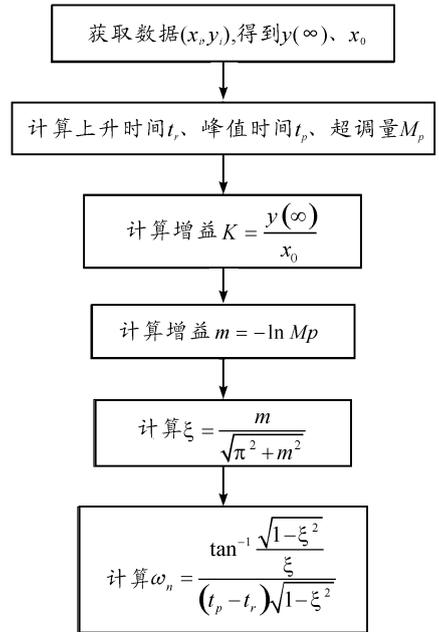


图5 阶跃信号时域辨识法

取上升时间 τ 为0.05~1 s共20个值,分别画出阻尼比 ξ 和自然频率 ω_n 随上升时间 τ 变化的辨识值,如图6所示。

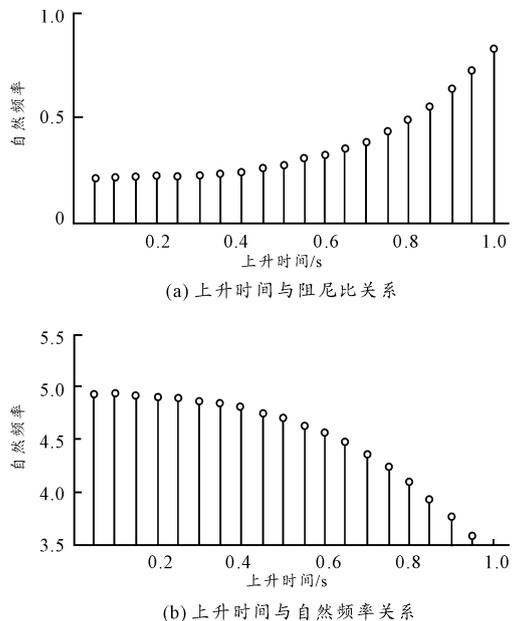


图6 阻尼比、自然频率辨识值与上升时间关系

计算结果表明,斜坡上升时间 τ 越大,辨识出的 ξ 与 $\hat{\omega}_n$ 估计值越不准确,且 ξ 的估计值 $\hat{\xi}$ 随上升时间 τ 的增大成上

升趋势;同时, ω_n 的估计值 $\hat{\omega}_n$ 成下降趋势。

4 结束语

本文在介绍非理想阶跃信号的基础上,讨论了实际阶跃激励信号的上升时间对激励信号自身频谱以及测试系统参数估计的影响,作出了理论分析,进行了数值验算。验算表明:如果将激励信号视为理想的阶跃信号,则随着上升时间 τ 的增大,得到的 ξ 有增大趋势, $\hat{\omega}_n$ 有减小的趋势;同时,阶跃激励信号自身携带的频谱会随着上升时间 τ 的增大而加速衰减,故在使用带斜坡的阶跃信号进行系统激励时,必须要考虑其频谱能否覆盖系统主要工作频率的问题。上述工作,为阶跃信号时域动态测试理论的研究打下了基础。

(上接第 79 页)

图 6 为纯惯导解算结果与改进 SITAN 算法对潜艇位置解算结果,由仿真可见,定位经度优于 500m, GAINS 能较好地抑制惯导误差。

5 结束语

从重力数据误差分析、重力场模型优化、高精度惯导解算以及滤波算法等方面,系统论证了潜艇应用 GAINS 的可行性。仿真结果表明,采用并行卡尔曼滤波的 GAINS 系统能较好地实现潜艇自主导航。在现有惯性器件及重力测量精度条件下,海洋固体潮、海潮、海面地形以及厄特弗斯改正都是影响水下重力测量精度的重要因素,要提高 GAINS 导航精度必须建立更加精确的全球重力场模型、潮汐模型。

参考文献:

- [1] Hugh Rice, Louis Mendelsohn, Robert Aarons, et al. Next Generation Marine Precision Navigation System [C]// IEEE 2000 Position Location and Navigation Symposium.

(上接第 102 页)

4 结束语

本文首先对 JPEG 压缩系统的原理进行了分析,然后采用 Matlab R2008a 对压缩过程一一实现,最后通过一个实例分析了压缩的结果。基于离散余弦变换的压缩技术还有很多可探讨研究的地方,例如其中的亮度矩阵就是根据人眼的视觉特性测定出来的。但同时它已相对成熟,因此在图像压缩领域仍占据着非常重要的位置。

参考文献:

- [1] 赵子江. 多媒体技术应用教程. [M]. 6 版. 北京:机械

参考文献:

- [1] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 4 版. 北京:国防工业出版社,2001.
 [2] 朱明武. 动态测量原理[M]. 北京:科学出版社,1993.
 [3] 黄俊欽. 静、动态数学模型的实用建模方法[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
 [4] 赵呈恺. 通用测试台模拟信号源的设计[D]. 太原:中北大学,2009.

(责任编辑 周江川)

[S. I.]: [s. n.], 2000: 200 - 205.

- [2] Gleason D. Critical Role of Gravity Compensation in a Stand-Alone Precision INS [C]// DARPA PINS Meeting. Arlington: Virginia, 2003.
 [3] 郭春喜, 马林波, 张骥, 等. 西安 80 坐标系与 WGS-84 坐标系转换模型的确定[J]. 东北测绘, 2002, 25(4): 34 - 36.
 [4] 翟国君. 卫星测高数据处理中海面地形与大地水准面的可行性研究[J]. 海洋测绘, 1995, 1: 3 - 9.
 [5] 吴太旗, 王克平, 金际航, 等. 水下实测重力数据归算[J]. 中国惯性技术学报, 2009, 17(3): 324 - 327.
 [6] 许厚泽. 精密重力测量的潮汐改正[J]. 测绘学报, 1984, 13(2): 88 - 93.
 [7] 王勇, 张为民, 王虎彪, 等. 绝对重力观测的潮汐改正[J]. 大地测量与地球动力学, 2003, 23(2): 65 - 68.
 [8] 王勇, 许厚泽, 张为民, 等. 1996 年中国中西部地区高精度绝对重力观测结果[J]. 地球物理学报, 1998, 41(6): 818 - 825.

(责任编辑 陈松)

工业出版社, 2008.

- [2] 阮秋琦. 数字图像处理(Matlab 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
 [3] 郭万军, 李辉编. 图像处理[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
 [4] 董长虹. Matlab 图像处理与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
 [5] 常巍. Matlab R2007a 基础与提高[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
 [6] 齐青, 葛利嘉, 何小海. 基于 JPEG2000 标准感兴趣区域的编码算法[J]. 四川兵工学报, 2005(4): 47 - 50.

(责任编辑 周江川)