

研究简报

用液电效应建立系统传递函数的方法

焦 国 全

(北京航空学院)

摘 要

本文提出用液电的力学效应建立一种新型的力脉冲源,其中A型用于建立压力传感器的动态模型,B型用于建立力传感器的动态模型。这种方法安全可靠,经济性好,试验压力(力)可以在相当广阔的范围内进行调节(压力从几个大气压至几千个大气压,力从几公斤至几千公斤)。文章末尾有计算实例。

一、前 言

建立输入作用是压力(力)的系统的动态模型,是一个十分棘手的问题。困难在于缺乏一个理想的以压力(力)形式给出的典型试验信号(如脉冲函数、阶跃函数、斜坡函数等)。目前压力(力)发生源的共同缺点是试验压力(力)可调范围比较小,设备基本投资费用多,安全可靠差,操作麻烦,试验费用贵。作者提出采用液电的力学效应建立一种新型的的压力(力)脉冲源,这种源分A型和B型。A型用来建立各类压力传感器的动态模型,B型用来建立力传感器的动态模型。由计算机直接采集试验数据、绘制被试系统的对数频率特性,并给出有关的动态指标数值及传递函数。

A型源与目前国内外盛行的激波管法相比较,其基本投资仅为激波管法的十分之一左右,试件单次试验费用仅为激波管法的千分之一左右,试验压力的调节范围宽(压力可从几个大气压至几千个大气压,力可从几公斤到几千公斤)。

二、新型压力(力)脉冲源

众所周知,采用脉冲信号来建立系统动态模型是方便的。因为系统的脉冲响应函数的拉氏变换就是线性定常系统的传递函数,所以,只要知道了系统的脉冲响应函数,就可以知道系统的全部动态特性。

另外,目前广为采用的频率法,对机械系统,尤其具有较大惯性的系统是不适宜的,在试验时不仅要消耗大量的能源,同时对系统或产品的工作寿命会产生严重影响。在频率共振区,系统的特性也很难测出。

1. 工作原理

新型压力(力)脉冲源是根据液电的力学效应建立的^[1]。当电能集聚后在极短的时间(μs 量级)内释放时,放电通道内的液体因高温而急剧膨胀,强烈地扰动周围介质,产生有关物理量跳跃变化的间断面,这种间断面即所谓激波,置于激波传播途径上的“障碍物”将受到压力作用。

放电过程尽管是瞬时完成的,实际上它是一个多次扰动过程,后一次扰动过程的传播速度大于前一次。由此,压力脉冲的前沿异常陡峭,上升时间为 ns 量级,持续时间只有零点几微秒至几微秒。前沿后的压力依指数函数迅速衰减^[2]。力脉冲幅值及脉宽取决于放电能量和距放电中心的距离。

2. 压力脉冲的数学表达式

$$P(t) = P_M(1 - t/\tau)e^{-t/\tau}.$$

其中 $P(t)$ 为 t 时刻的压力脉冲幅值; P_M 为压力脉冲峰值; τ 为压力脉冲宽度。

放电通道内的最大压力 P_M 满足方程

$$P_M = A(\rho V_0^2/Ll)^{1/2}.$$

其中 A 为火花常数,通常在 0.15~0.185,由实验测定; ρ 为液体介质密度; V_0 为电容器充电电压; L 为放电电路电感; l 为放电间隙距离。

3. 压力(力)脉冲源的重复性和脉冲宽度

在动态测试中,信号源的重复性和脉冲宽度是重要的参数。对 A 型源大量的试验表明,其幅值标准偏差不大于 2.8%,脉冲宽度标准偏差不大于 3.7%。如果对电路有关参数进行严格控制,其标准偏差还可大大缩小。

作为动态测试用的脉冲信号源,它所能测试系统的频宽,只有在 $\tau \ll T$ (T 为被试系统的时间常数)的情况下,结果方是可信的。因此,对新型压力(力)脉冲源所产生的压力(力)脉冲宽度应予以求出。一种方法是用一只用其它方法已经动态标定好且频响非常高的压力(力)传感器,对新型脉冲源进行测定。然而,实际上没有任何机械系统可以测定新型源产生的压力(力)脉冲宽度。因此,可行的方法是用光学分析方法对压力脉冲波所形成的光环,进行测定和计算。通过对 A 型源初步测定计算,其脉冲宽度只有零点几微秒。

三、新型压力(力)脉冲源应用举例

1) 用 A 型源建立 YL1000 型压力传感器的动态模型。该传感器最大量程为 1000 公斤/厘米²。试验时,试验压力峰值为 1000 公斤/厘米²。计算结果为

$$f_{0.707} = 89.705 \text{ 千赫芝}.$$

2) 用 B 型源建立 RYL 200 拉压力传感器的动态模型。计算结果(用手算方法,按一阶模型回归)为

$$f_{0.707} = 77 \text{ 赫芝}$$

$$G(s) = 1/(2.05 \times 10^{-3}s + 1).$$

综上所述,1) 用液电的力学效应建立压力(力)传感器动态模型的方法是可行的。2) 新型压力(力)脉冲源结构简单,安全可靠,经济性好,试验压力(力)调节范围宽。3) 在此基础上再进一步做些工作,可望制作出标准压力(力)脉冲源及压力(力)脉冲激振源。

参加本文实验工作的还有张禄荪、张用谦两同志，特在此并致谢。

参 考 文 献

- [1] 焦国全，伺服阀的新研究，液压技术通讯，1978年第4期。
 [2] Cole, R. H. Underwater Explosions, Princeton, Univ. Press, 1948.

A METHOD OF ESTABLISHING TRANSFER FUNCTION BY HYDRO-ELECTRIC EFFECT

JIAO GUOQUAN

(Beijing Institute of Aeronautics and Astronautics)

ABSTRACT

A new source of forcepulse which is established by using hydro-electric effect is introduced in this paper. This source may be divided into A and B types. The type A is used to establish dynamic mode of pressure sensor and the type B is used to establish dynamic mode of force sensor. This method has some advantages, such as: the cost is low, it is reliable, and the pressure (force) can be regulated over a wide range (pressure from a few to thousands of atmospheric pressures, force from a few to thousands of kilograms).

Two examples are given in the last part of this paper.

中国在第九届 IFAC 大会上宣读的论文目录

1. To predict the power load with time series modelling M. Xu
2. A decoupled optimal power flow approach using Fletcher's quadratic programming method S. Fu, E. Yu, X. Zhang
3. Optimal feedback control of a distributed parameter nuclear reactor system L. Fu (PRC), L. Grossman (USA)
4. Employing logarithmic approach for the analysis of the stability of diesel-generator sets operating in parallel G. Xiang
5. An engineering technique of process modeling and control for distributed parameter systems—A case study Y. Lu (PRC), T. Williams (USA)
6. Shape computer control in flat rolling Y. Zang, W. Song, H. Wang
7. New feasibility study of Bristol's relative gain array in interaction analysis of multivariable process control systems J. Gong
8. On the system approach to development of machine building industry in China X. Yan
9. Stabilization of double inverted pendulum by analogue controller Z. Feng, Z. Yin, H. Chen
10. What can be done for linear systems by feedback? Y. Zheng, Z. Han
11. Complete controllability for linear constant systems with control constraints K. Zhao, Z. Chen, Z. Cheng