

基于 Simulink 的阀控液压缸系统动态仿真

吴 玲

(西安交通工程学院 机械工程学院, 西安 710300)

摘 要: 本文以四通阀控液压缸为例, 经理论分析, 建立数学及动态仿真模型, 并借助于 Simulink 工具包对其进行动态模拟。结果表明, Simulink 仿真是检验模型正确性及系统工作性能的有效方法。

关键词: Simulink; 阀控液压缸; 动态仿真

DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2019.12.190

0 引言

随着液压系统的功能日趋完善, 性能逐步提高, 在设计过程中, 兼顾设计周期的缩短及性能的优化显得尤为重要。为此, 系统设计之前, 寻求简便的方法进行系统模拟, 是非常有必要的。

1 液压缸系统的数学模型

四通阀控液压缸是一种重要的液压动力元件, 取滑阀为研究对象, 建立阀的线性化流量方程为:

$$q_L = K_q x_v - K_c p_L \quad (1)$$

式中: q_L 为负载流量;

K_q 为滑阀在稳态工作点附近的流量增益;

K_c 滑阀在稳态工作点附近的流量—压力系数。

为方便计算, 取负载流量为:

$$q_L = \frac{q_1 + q_2}{2} \quad (2)$$

保持以上研究对象不变, 忽略管道的压力及流量损失, 保证液压缸中油温等参数为常量, 可得进油腔、回油腔流量分别为 (3)、(4):

$$q_1 = A_p \frac{dx_p}{dt} + C_{ip}(p_1 - p_2) + C_{ep}p_1 + \frac{V_1}{\beta_e} \frac{dp_1}{dt} \quad (3)$$

$$q_2 = A_p \frac{dx_p}{dt} + C_{ip}(p_1 - p_2) - C_{ep}p_1 - \frac{V_2}{\beta_e} \frac{dp_2}{dt} \quad (4)$$

式中: A_p 活塞有效面积, x_p 活塞位移。

V_1 液压缸进油腔容积, V_2 液压缸回油腔容积。

$$V_1 = V_{01} + A_p x_p \quad (5)$$

$$V_2 = V_{02} - A_p x_p \quad (6)$$

式中: V_{01} 进油腔初始容积, V_{02} 回油腔初始容积。

根据两液压腔的初始容积相等的原则, 可以得到:

$$V_{01} = V_{02} = \frac{V_t}{2} \quad (7)$$

式中: V_{01} 为活塞位于中间时每腔的容积;

V_t 为总压缩容积。

得流量连续性方程为:

$$q_L = A_p \frac{dx_p}{dt} + C_{ip}p_L + \frac{V_t}{4\beta_e} \frac{dp_L}{dt} \quad (8)$$

式中: C_{ip} 为液压缸总泄漏系数。

将摩擦力与非线性负载力忽略不计, 可得负载力与输出力平衡方程为:

$$A_p p_L = m_t \frac{d^2 x_p}{dt^2} + B_p \frac{dx_p}{dt} + K x_p + F_L \quad (9)$$

式中: m_t 总质量, B_p 粘性阻尼系数, K 负载弹簧刚度。

2 液压缸系统的仿真模型

四通阀控液压缸系统的传递函数框图, 如图 1 所示:

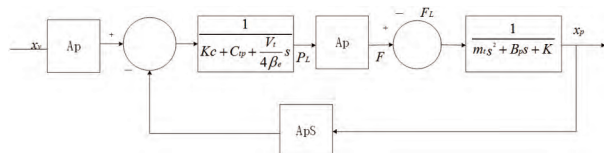
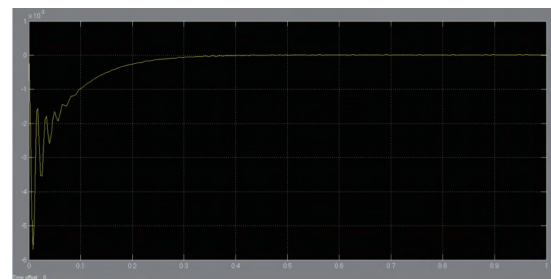


图 1 液压缸系统传递函数框图

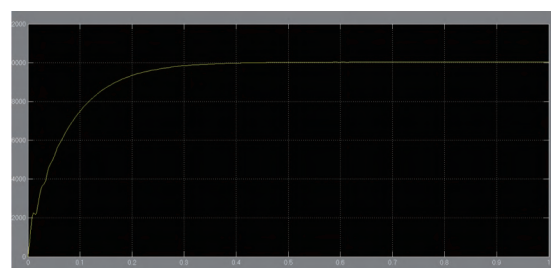
结合实例对液压缸系统进行仿真, 设计一个结构物的疲劳试验机, 其中, 结构物的刚度为 $K=2.55 \times 10^6$, 结构物的质量为 18Kg, 最大加载力为 10^4 N, 其他仿真参数分别为: $K_q=0.52$ $K_c=1.2 \times 10^{-11}$ $A_p=6.75 \times 10^{-4}$ $C_{ip}=2.3 \times 10^{-11}$ $V_t=10 \times 10^{-5}$ $m_t=18$ $B_p=2000$ $K=2.55 \times 10^7$ $F_L=1 \times 10^4$, 将各仿真参数代入图 1 的传递函数框图, 并利用 Simulink 仿真软件, 可以得到系统的仿真模型。

3 仿真结果与分析

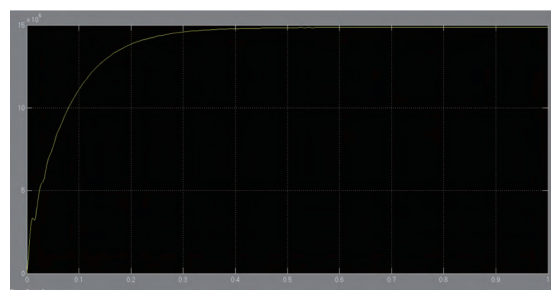
仿真参数初始化后对液压系统进行仿真, 采用变步长和 ode45 求解方法, 设置仿真时间为 1s。其中 Step 模块为系统提供一个阶跃信号, Scope 为活塞杆位移的仿真示波器, Scope1 为油缸输出力的仿真示波器, Scope2 为系统压力的仿真示波器, 对模型进行仿真, 得到的系统阶跃响应曲线如图 2 所示:



(a) 活塞杆位移仿真曲线



(b) 油缸输出力仿真曲线



(c) 系统压力仿真曲线

图 2 仿真结果

(下转第 237 页)

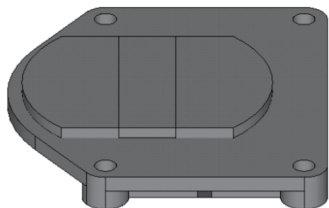


图4 布尔粘贴

(5) 在一个平面上的一小部分面上加约束或载荷时, 仅仅在平面上画一个小面是不够的, 可采用分割命令 (divide) 用面将体分开, 如图 5:

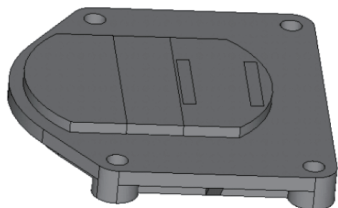


图5 创建加载面

4.2 划分网格

(1) 网格划分直接受建模的影响, 如果建模质量高, 那网格划分就很顺利, 单元数就很少, 从而直接影响计算量, 节省计算时间。

(2) 由于主零件和传力零件是粘接在一起的, 划网格时可以分别划分, 主零件可采用尺寸较小的网格, 传力零件可用尺寸较大的网格。

(3) 选择的单元类型为实体 92 号单元 (structural solid tet 10node 92)。

(4) 利用 meshtool 工具可以完成所有划分网格的工作, 划分完的网格如图 6 所示: (设定单元尺寸、划分方式、清除网格等)



图6 划分网格

4.3 边界条件及加载

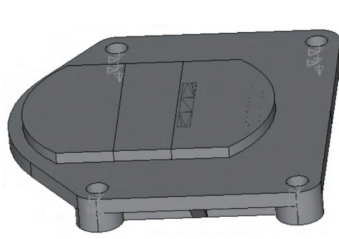


图7 约束和加载

关于约束及加载说明如前所述, 加载后如图 7 所示。

4.4 后处理

利用选择工具 (select) 可将不同的零件的结果分开来显示, 图 8 为上模板和旋转板在一起时的受力云图结果, 图 9 为单独显示上模板时的结果。

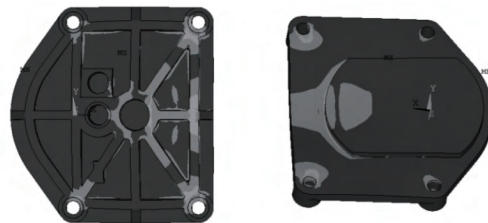


图8 上模板和旋转板在一起显示的云图

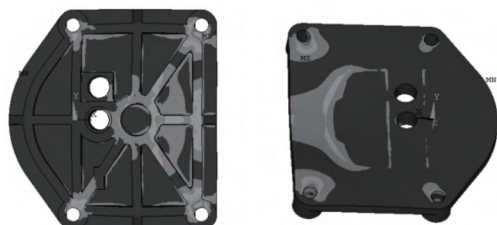


图9 上模板单独显示的云图

5 结语

综上所述, 依次介绍了 ANSYS 从建模等前处理, 再到边界条件及加载, 最后到云图等后处理的过程中, 遇到的一些问题, 给出了一些技巧和建议, 以期对读者在该软件的学习过程中提供一些帮助。

参考文献:

- [1] 高兴军, 赵恒华. 大型通用有限元分析软件 ANSYS 简介 [J]. 辽宁石油化工大学学报, 2004 (03).
- [2] 刘淑萍. 有限元分析软件的介绍及其应用 [J]. 机械管理开发, 2007 (03).

作者简介: 文淄博 (1989-), 男, 湖南常德人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事工程机械结构系统优化设计的研究。

(上接第 216 页)

由图 2 可知: 系统是稳定的, 没有超调, 证明了模型的正确性。从图 2 的 (b)、(c) 可知, 输出力的变化过程为, 由初始压力 0 逐步上升, 且经过 0.5s, 压力保持不变, 达到稳定。此时, 液压缸的输出力为 10000N, 系统的压力为 15×10^6 , 符合设计的要求。从图 2 的 (a) 可知, 活塞杆的位移很快达到了 2.8mm, 并且有振荡, 随后在系统达到稳定状态的过程中, 活塞杆的位移逐渐减小到 0, 表明活塞杆只在结构物破坏的一瞬间有位移, 在其他时间活塞杆只有输出力而没有位移。

4 结论

经过以上模拟计算, 可得以下结论:

(1) Simulink 计算方法简单、快捷, 其过程为建立数学及仿真模型, 参数设置、模拟计算, 并不需要编辑大量的复杂程序, 且所得结论可靠。

(2) 利用 Simulink 模拟, 为系统优化、缩短设计周期、提高系统性能提供了一种行之有效的方法, 满足液压系统的设计要求。

参考文献:

- [1] 王春行. 液压控制系统 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [2] 万理想, 丁保华. 基于 Amsim 和 Simulink 的液压伺服系统动态仿真 [J]. 煤矿机械, 2007 (09): 40-42.
- [3] 强保民, 刘宝杰. 电液比例阀控液压缸系统建模与仿真 [J]. 起重运输机械, 2011: 35-39.
- [4] 刘航, 谢东, 赵悟. 对称四通阀控非对称液压缸系统的建模与仿真 [J]. 建设机械技术与管理, 2015: 87-91.
- [5] 杨丽霞, 谢东, 李加庆. 基于 MATLAB/Simulink 的液压系统动态仿真 [J]. 建设机械技术与管理, 2014: 107-111.

作者简介: 吴玲 (1987-), 女, 山东潍坊人, 硕士, 助教, 研究方向机械设计与制造。