

一种补偿冲压装置压力损失的智能系统设计

钟凡,郑凯

(西安交通工程学院,陕西 西安 710065)

摘要:以补偿冲压装置液压系统的压力损失为目标,设计一种能够改善冲压装置压力损失的智能补偿系统。阐述冲压装置的基本结构与液压系统,并利用 FLuidSIM 软件对液压系统进行仿真分析。利用比例换向阀、传感器设计一种具有比例反馈环节的智能补偿系统。利用 AMESim 分别建立一般系统与智能补偿系统的仿真模型。通过仿真结果的对比分析表明:在相同的工作压力下,智能补偿系统能够降低冲压装置的压力损失,维持冲压装置的稳定性,保持冲压装置液压系统所需压力的持续稳定供给。

关键词:液压系统;冲压装置;压力损失;补偿;仿真

中图分类号:TG385 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)05-0202-03

An Intelligent System Design for Compensating Pressure Loss of Stamping Device

ZHONG Fan,ZHENG Kai

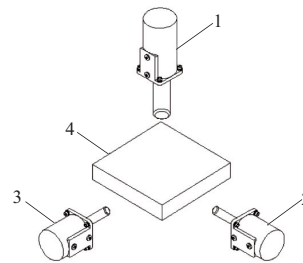
(Xi'an Traffic Engineering Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: To compensate the pressure loss of hydraulic system of stamping device, an intelligent compensation system is designed to improve the pressure loss of stamping device. The basic structure and hydraulic system of stamping device are described, the hydraulic system is simulated and analyzed by FLuidSIM software, an intelligent compensation system with proportional feedback link is designed by using proportional directional valve and sensor. And by AMESim, the simulation models of non-compensation system and intelligent compensation are established. The comparison and analysis of the simulation results show that under the same working pressure, the intelligent compensation system can reduce the pressure loss of the stamping device, maintain the stability of the stamping device, and keep the continuous and stable supply of pressure required by the hydraulic system of the stamping device.

Keywords: hydraulic system; stamping device; pressure loss; compensation; simulation

0 引言

冲压装置在工业生产、机械加工中应用广泛。而在特定环境中,当冲压装置处于长时间的持续工作状态时,液压系统易受外部负载变化的影响而产生局部压力的突然变化,进而造成一定的系统压力损失^[1-2]。因此,如何在保证冲压装置原有性能的同时,进一步降低系统压力损失对冲压装置的影响。本文设计了一种具有比例反馈环节的智能补偿系统。在对冲压装置冲压与夹紧端口进行压力分析的基础上,通过比例反馈环节使补偿回路工作,从而达到压力补偿的目的,增强液压系统的稳定性。



1—冲头缸;2—横向夹紧缸;
3—纵向夹紧缸;4—工件。

图1 冲压装置的基本结构

1 冲压装置的基本结构与液压系统

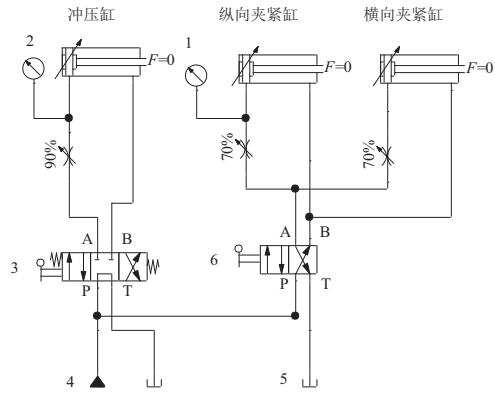
1.1 基本结构

冲压装置的基本结构如图1所示。

利用 FLuidSIM 软件^[3-4]设计了与图1相应的液压系统,如图2所示。

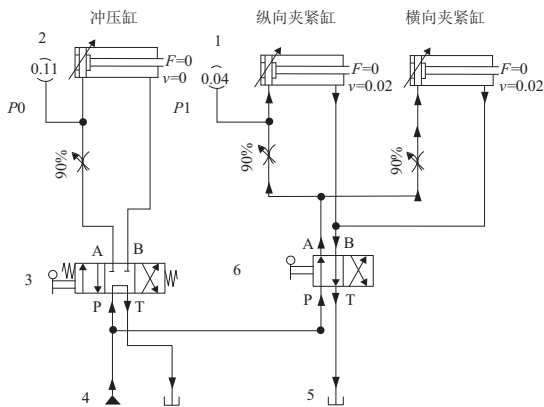
1.2 工作原理

液压源4向液压系统提供一定的系统压力;当手动二位四通换向阀6工作时,完成工件的横、纵方向的夹紧;当三位四通换向阀3工作时,冲头缸驱动冲压装置(刀具)进行冲压加工。其液压系统的仿真如图3所示。



1,2—压力表;3—手动三位四通换向阀(冲压);
4—液压源;5—油箱;6—手动二位四通换向阀(夹紧)。

图2 冲压装置的液压系统



1,2—压力表;3—手动三位四通换向阀(冲压);
4—液压源;5—油箱;6—手动二位四通换向阀(夹紧)。

图3 冲压装置液压系统的仿真

图3中,在FLuidSIM的仿真环境下^[5-6],若液压源4的工作压力为6MPa,液压泵流量为2L/min;冲压缸端口的压力 $P_0 = 0.11$ MPa;夹紧缸端口的压力 $P_1 = 0.04$ MPa。通过FLuidSIM仿真发现冲压装置的冲压端与夹紧端相比具有明显的压力损失。

1.3 系统压力的偏差分析

将冲压装置的液压执行系统等效成为非对称液压缸,其结构原理图如图4所示。

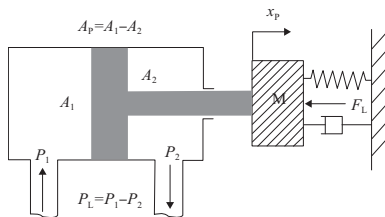


图4 非对称缸的结构原理图

如图4所示,当阀芯右移时,减震装置液压缸的输出力和负载平衡方程为

$$A_p P_L = m_l \frac{d^2 x_p}{dt^2} + B_p \frac{dx_p}{dt} + Kx_p + F_L \quad (1)$$

式中: m_l 为负载系统总质量; B_p 为负载系统黏性阻尼系数; K 为系统负载弹簧刚度; F_L 为作用在活塞上的外负载力; A_p 为活塞有效作用面积; P_L 为系统工作压力; x_p 为位移变化量。

本文为便于数学模型的建立进行了如下假设^[5]:

- 1) 忽略管道中的流量与压力损失;
- 2) 负载系统的总质量不变;
- 3) 忽略负载系统黏性阻尼系数;
- 4) 供油系统为恒压;
- 5) 油液的物理特性稳定且保持不变。

则式(1)可简化为:

$$A_p P_L = Kx_p + F_L \quad (2)$$

根据式(2)可知,当活塞有效作用面积、系统负载弹簧刚度、作用在活塞上的外负载力不变时,系统工作压力与位移变化量之间具有一定的比例关系。

本文结合图3中的仿真模型,分别在不同工作压力下,得到了冲压装置冲压端与夹紧端的压力值,如表1所示。

表1 冲压装置冲压端与夹紧端的压力值 单位:MPa

工作压力 P	冲压端压力	夹紧端压力	压力差 ΔP
6	0.11	0.04	0.07
8	0.24	0.16	0.08
10	0.38	0.28	0.10
12	0.51	0.44	0.07
14	0.69	0.59	0.10
16	0.83	0.72	0.11
18	1.14	0.98	0.16

由表1可知,随着系统工作压力的增加,冲压装置中的冲压端与夹紧端的压力差明显增加。本文在表1的基础上,构建了比例系数 k 的数学模型,并利用Matlab分析^[7-8]且得到了比例系数。

$$k' = \frac{P_n + P_{n-1} + \dots + P_0}{\Delta P_n + \Delta P_{n-1} + \dots + \Delta P_0} \quad (n \leq 6) \quad (3)$$

可得: $k' \approx 0.037$ 。

2 控制系统的设计

本文以PID算法^[9]中的比例环节为基础,控制流程如图5所示。

控制系统的主要功能是通过压力传感器对冲压装置冲压端口与夹紧端口的压力进行处理,得到两端口压力间的增量 ΔP ,同时通过比例反馈环节,按照比例系数 k 向补偿系统中的比例换向阀输入适当强度的电流,使补偿系统成比例释放压力,进而达到稳定系统压力的目的。

3 系统的设计与仿真

本文运用AMESim软件^[10],通过绘制系统草图、建立子模型、参数设置、运行仿真4个环节,分别建立了一般系统与智能补偿系统的仿真模型,并进行了仿真实验,得到了相应的特性曲线。

3.1 一般系统的仿真模型

- 1) 建立仿真模型,如图6所示。
- 2) 设定子模型参数,如表2所示。

表2 一般系统的仿真模型参数

序号	名称	指标	参数
1	冲压缸	默认值	默认值
2,3	夹紧缸	默认值	默认值
4,7	电磁换向阀	工作电流/mA	40
5	油箱	默认值	默认值
6	液压泵	压力最大值/MPa	0.6

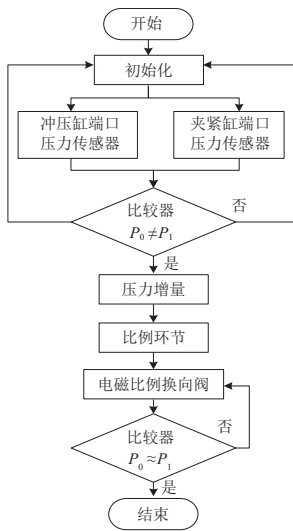
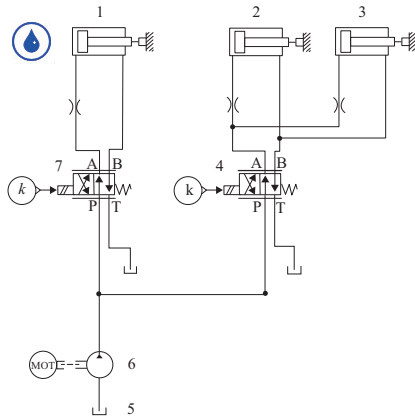


图5 控制系统流程



1—冲压缸;2、3—夹紧缸;
4、7—电磁换向阀;5—油箱;6—液压泵。

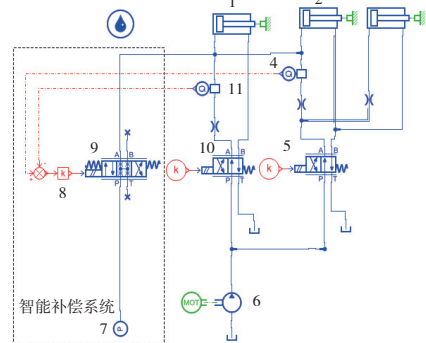
图6 一般系统的仿真模型

3)工作过程

当冲压装置处于工作状态时,电磁换向阀4、电磁换向阀7换向液压系统工作,冲压缸1与夹紧缸2、夹紧缸3工作。

3.2 智能补偿系统的仿真模型

1)建立仿真模型,如图7所示。



1—冲压缸;2、3—夹紧缸;4、11—传感器;
5、10—电磁换向阀;6—液压泵;

7—恒压源;8—比例环节;9—电磁比例换向阀。

图7 智能补偿系统的仿真模型

2)设定子模型参数,如表3所示。

表3 智能补偿系统的仿真模型参数

序号	名称	指标	参数
1	冲压缸	默认值	默认值
2,3	夹紧缸	默认值	默认值
4	夹紧缸传感器	默认值	默认值
5,10	电磁换向阀	工作电流/mA	40
6	液压泵	压力最大值/MPa	0.6
7	恒压源	压力值/MPa	0.6
8	比例环节	比例系数	0.037
9	电磁比例换向阀	默认值	默认值
11	冲压缸传感器	默认值	默认值

3)工作过程

当具有智能补偿系统的冲压装置处于工作状态时,电磁换向阀5、电磁换向阀10换向液压系统工作,冲压缸1与夹紧缸2、夹紧缸3工作,同时智能补偿系统中冲压缸端口传感器11与夹紧缸端口传感器4同时工作,完成压力信号的采集与处理,在得到压力变化的增量 ΔP 后,比例环节8工作,并按照预定算法向补偿回路中的电磁比例换向阀9输入相应比例的控制电流,使补偿回路向系统成比例输入压力,进而降低压力损失。

4 系统仿真与分析

本文对一般系统与智能补偿系统进行了仿真实验。

4.1 一般系统的仿真

依据3.1中的仿真模型,按照表2中的参数进行设置并进行仿真,得到相应的特性曲线。如图8所示。

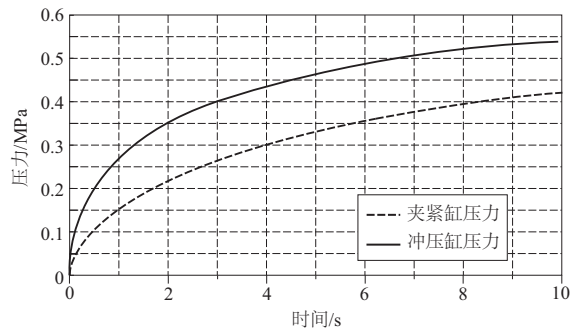


图8 一般系统的特性曲线

4.2 智能补偿系统的仿真

依据3.2中的仿真模型,按照表3中的参数进行设置 (下转第209页)

从图 10 可以看出,在 PBC-PI 控制下的母线电压波动不会超过 1.2 V、暂态过渡时间在 10 ms 以内,而在传统 PI 控制下的母线电压波动在 4.8 V 以内、暂态过渡时间在 20 ms 左右。从图 11 可以看出,在 PBC-PI 控制下的母线电压的波动在 1.4 V 以内、电压调节的暂态过程在 10 ms 以内,在传统 PI 控制下的母线电压波动在 3.2 V 以内、电压调节的暂态过程在 30 ms 以内。

实验波形表明 PBC-PI 控制器和传统 PI 控制器都能稳定母线电压、实现母线上的功率平衡,但是本文所设计的 PBC-PI 控制器使得母线电压具有更短的调节时间和更小的波动幅值。

5 结语

本文建立了双向 Buck/Boost 变换器的平均数学模型,基于双环控制方案将 PBC 与 PI 控制相结合设计了双向 Buck/Boost 变换器的电压控制算法。该方案将变换器的二阶非线性模型转换为两个一阶模型分别设计控制算法,从而简化了控制器的设计过程。通过仿真和实验对所提控制方案进行了验证,仿真和实验结果与理论分析一致,表明了本文所设计的 PBC-PI 控制器可以实现母线电压的稳定且具有动态响应好的优点。

参考文献:

- [1] 王超洋,张蓝宇,刘铮,等. 基于特征挖掘的 indRNN 光伏发电功率预测[J]. 电力系统及其自动化学报,2021,33(4):17-22.
- [2] 桂林,李强军. 混联式混合动力汽车电液复合控制系统研究[J]. 机械制造与自动化,2021,50(6):228-231,238.
- [3] 陈仲,章修齐,汪柯文,等. 双向 Buck/Boost 变换器的教学探析[J]. 电气电子教学学报,2021,43(4):132-135.
- [4] 吴少龙,蔡骏,向程,等. Buck/Boost 双向 DC/DC 变换器的数字控制研究[J]. 电器与能效管理技术,2018(20):86-92.
- [5] 张纯江,董杰,刘君,等. 蓄电池与超级电容混合储能系统的控制策略[J]. 电工技术学报,2014,29(4):334-340.
- [6] 卢昕,陈众励,李辉. 基于自抗扰控制的直流微电网双向 Buck-Boost 变换器控制策略研究[J]. 发电技术,2021,42(2):193-200.
- [7] 王宝华,蒋力. 基于精确反馈线性化的直流微电网双向直流变换器反步滑模控制[J]. 电力系统保护与控制,2018,46(2):43-49.
- [8] ZHANG M, BORJA P, ORTEGA R, et al. PID passivity-based control of port-Hamiltonian systems[J]. IEEE Transactions on Automatic Control,2018,63(4):1032-1044.
- [9] 肖阔,段善旭,程华,等. 一种宽工作范围 Boost 电路的滑模变结构控制策略研究[J]. 电源学报,2017,15(5):108-115.

收稿日期:2022-03-04

(上接第 204 页)

并进行仿真,得到相应的特性曲线。如图 9 所示。

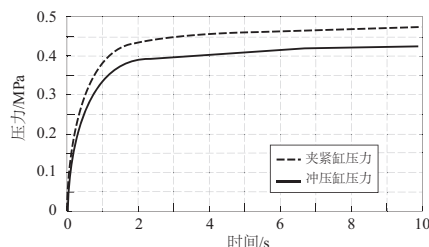


图 9 智能补偿系统的特性曲线

依据 4.1 与 4.2 中的运行结果,分别对一般系统与智能补偿系统进行了仿真实验,并对结果进行比较分析。由图 8、图 9 发现,当采用智能补偿系统时,冲压装置的冲压缸与夹紧缸能够快速达到所需压力,同时冲压缸与夹紧缸之间的压力偏差明显降低,通过分析证明智能补偿系统起到了较好的压力补偿效果。

5 结语

本文首先分析了冲压装置的基本结构与液压系统,并介绍了其工作原理,并利用 FLuidSIM 构建了仿真模型。通过仿真发现冲压装置在工作过程中,易受外部负载变化的影响,其冲压缸与夹紧缸的液压系统存在一定的压力偏差,造成了一定的系统压力损失。其次,针对压力损失这一问题,文中以比例换向阀、传感器为硬件核心设计了一种具有比例反馈环节的智能补偿回路,通过补偿回路向工作系统成比例进行压力输入,进而达到压力补偿的作用。

最后,利用 AMESim 搭建了一般系统与智能补偿系统的仿真模型并进行了仿真。通过仿真结果的对比,表明智能补偿系统对冲压装置所造成的压力损失进行了有效补偿,保持了冲压装置液压系统所需压力的持续稳定供给,具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 张东民,穆天驰,周伟民,等. 基于 AMESim 的冲压装置控制系统优化分析[J]. 制造技术与机床,2021(3):77-80.
- [2] 李林骏. 基于 PLC 的冲压机下料装置控制系统设计[J]. 信息记录材料,2020,21(10):196-197.
- [3] 董效维. 基于 FluidSIM 的半自动铣床液压系统的设计及仿真[J]. 内燃机与配件,2021(8):87-89.
- [4] 叶素娣,徐敬华. 基于 FLUIDSIM 的专用铣床机电液一体化的设计与仿真[J]. 西安文理学院学报(自然科学版),2021,24(2):48-53.
- [5] 李赫,江海雷,李晶. 基于 FluidSIM 的剪板机气动回路仿真分析[J]. 机械工业标准化与质量,2020(10):43-45.
- [6] 吴海青. 基于 FluidSIM 的压力机液压控制系统设计与仿真[J]. 机械工程与自动化,2020(3):71-72.
- [7] 黎秀郁. 基于 MATLAB 的一种全自动注塑机同步带传动的设计方法[J]. 橡塑技术与装备,2022,48(2):66-69.
- [8] 黄建民,仲君,夏德琛. 基于 MATLAB 的多连杆压力机杆系设计系统研究[J]. 锻压装备与制造技术,2021,56(6):13-18.
- [9] 汪涛,黄崇莉,于洋,等. 桥式起重机模糊自适应 PID 防摆控制研究[J]. 自动化与仪表,2022,37(1):30-35.
- [10] 李资,张海丽. 基于 AMESim-Matlab 的伺服电机速度-压力回路仿真研究[J]. 机械制造与自动化,2021,50(6):135-137.

收稿日期:2022-03-29