

一种补偿液压过滤装置压力损失的智能系统设计

郑凯

(西安交通工程学院 电气工程学院, 陕西 西安 710300)

摘 要:以补偿带有过滤装置液压系统的压力损失为目标,设计一种能够改善因过滤装置而造成系统压力损失的补偿系统。阐述带有过滤装置液压系统的结构与工作原理,并利用 FLuidSIM 软件对其进行仿真分析。设计一种由比例换向阀、传感器组成的具有比例反馈环节的智能补偿系统。利用 AMESim 分别建立无补偿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,智能补偿系统可对过滤装置造成的压力损失进行有效的补偿,保持了液压系统所需压力的稳定供给。

关键词:液压系统;过滤装置;压力损失;补偿;仿真

中图分类号:TP271+.31 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2022)04-0133-03

Intelligent System Design for Compensating Pressure Loss of Hydraulic Filter Unit

ZHENG Kai

(School of Electrical Engineering, Xi'an Traffic Engineering Institute, Xi'an 710300, China)

Abstract: Aimed at compensating the pressure loss of hydraulic system with filter device, a compensation system improving the system pressure loss caused by filter device is designed. The structure and working principle of the hydraulic system with filter device are expounded, on which simulation and analysis are conducted by FLuidSIM software. An intelligent compensation system with proportional feedback link is designed by integrating proportional directional valve with sensor. By AMESim, the simulation models of uncompensated system and intelligent compensation system are built respectively. The comparative analysis on the simulation results shows that the intelligent compensation system can effectively compensate the pressure loss caused by the filter device under the same working pressure and maintain the stable supply of the pressure required by the hydraulic system.

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

0 引言

液压系统在工业设备、机械加工中应用广泛,而在特定环境中,为了降低外部杂质对液压系统的影响,通常安装有相应的过滤装置^[1-2],而过滤装置的安装虽然起到了净化液压油的目的,但也造成了一定的系统压力损失^[3-4]。因此,应在保证过滤装置原有性能的同时,进一步降低压力损失对液压系统的影响。本文设计了一种具有比例反馈环节的智能补偿系统,在对过滤装置输入与输出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,进而达到压力补偿的目的,以增强液压系统的稳定性。

1 设计目标

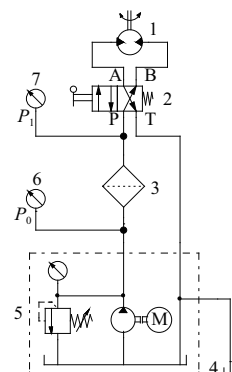
1) 在保证过滤装置正常工作的同时,降低压力损失对液压系统的影响。

2) 能够对压力进行有效检测,驱动比例反馈环节工作,使补偿系统成比例释放压力,降低压力损失。

2 带有过滤装置的液压系统与工作原理

2.1 总体结构

带有过滤装置的液压系统^[5-6],如图1所示。



1—液压马达;2—手动二位四通换向阀;
3—过滤装置;4—油箱;5—液压源;6,7—压力表。

图1 有过滤装置的液压系统

2.2 工作原理

液压系统的仿真如图 2 所示。液压源 5 向液压系统提供一定的系统压力;当手动二位四通换向阀 2 工作时,液压系统工作中的液压马达 1 以一定速度进行旋转。

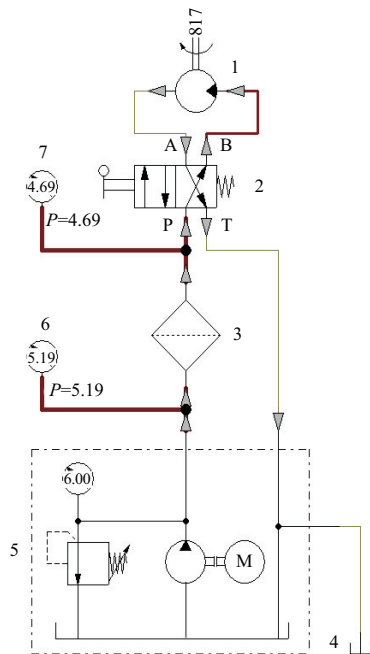


图 2 有过滤装置液压系统的仿真

在 FLuidSIM 的仿真环境下^[7-8],若液压源 5 的工作压力为 6.00 MPa,液压泵流量为 10 L/min;则过滤装置输入端口的压力为 5.19 MPa;输出端口的压力为 4.69 MPa。通过 FLuidSIM 仿真发现过滤装置的输入端口与输出端口相比具有明显的压力损失。

2.3 系统压力的偏差分析

结合图 2 中的仿真模型,分别在不同工作压力下,得到了过滤装置输入与输出端口处的压力值,如表 1 所示。

表 1 过滤装置输入与输出端口的压力值 单位:MPa

工作压力	输入压力	输出压力	压力差
$P_0 = 2$	1.56	1.41	$\Delta P_0 = 0.15$
$P_1 = 4$	3.35	3.03	$\Delta P_1 = 0.32$
$P_2 = 6$	5.19	4.69	$\Delta P_2 = 0.50$
$P_3 = 8$	7.06	6.38	$\Delta P_3 = 0.68$
$P_4 = 10$	8.94	8.08	$\Delta P_4 = 0.86$
$P_5 = 12$	10.83	9.79	$\Delta P_5 = 1.04$
$P_6 = 14$	12.46	11.26	$\Delta P_6 = 1.20$

设液压系统工作压力 P 与过滤装置输入、输出端口压力增量 ΔP 之间的比例关系为

$$P = k \Delta P \quad (1)$$

式中 k 为比例系数。

在表 1 的基础上,结合式(1)构建了比例系数 k 的数

学模型,并利用 MATLAB 分析且得到了比例系数。

$$k = \frac{P_n + P_{n-1} + \dots + P_0}{\Delta P_n + \Delta P_{n-1} + \dots + \Delta P_0} \quad (n \leq 6) \quad (2)$$

可得 $k = 11.789$

3 控制系统的设计

本文以 PID 算法中的比例环节为基础,选用某公司具有较高响应速度的 DSPIC30F2010 数字信号处理器^[9]为控制核心进行控制,控制流程如图 3 所示。

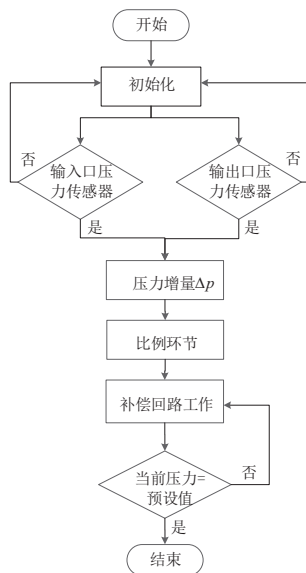


图 3 控制系统流程

控制系统的主要功能是通过压力传感器对过滤装置输入端口与输出端口压力进行处理,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。

4 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,分别建立无补偿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。

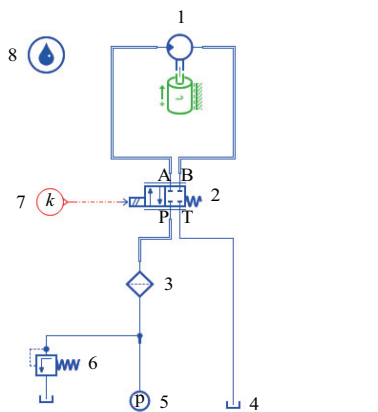
4.1 系统模型的建立

绘制系统草图。分别从 Signal、Control 电子器件库、Hydraulic 液压库选取相应的元件进行系统草图的绘制;建立子模型^[11],本系统所用元件均来自于 AMEsim 软件的标准库。为各个子模型设置参数,就是为子模型中的系数赋予具体的值^[12]。运行仿真,查看相应元件仿真结果,绘制动态曲线。

a) 无补偿系统的仿真模型

1) 建立仿真模型,如图 4 所示。

2) 设定子模型参数,如表 2 所示。



1—液压马达;2—电磁换向阀;3—过滤装置;4—油箱;
5—恒压源;6—溢流阀;7—控制源;8—介质属性。

图 4 无补偿系统的仿真模型

表 2 无补偿系统的仿真模型参数

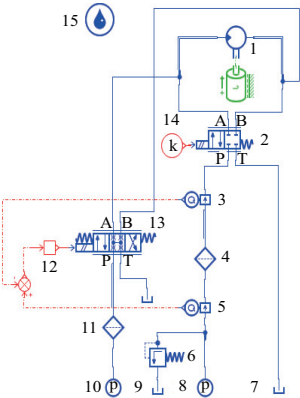
序号	名称	参数/单位	参数值
1	液压马达	默认值	
2	电磁换向阀	工作电流/mA	40
3	过滤装置	默认值	
4	油箱	默认值	
5	恒压源	压力值/MPa	0.6
6	溢流阀	最大值/MPa	0.7
7	控制源	电流强度/mA	40
8	介质属性	运动黏度/(kg/m ³)	300

3)工作过程

控制源 7 产生控制电流,电磁换向阀 2 换向,液压系统工作,液压马达 1 转动,这时过滤装置 3 工作,过滤液压油,造成了一定的系统压力损失。

b)智能补偿系统的仿真模型

1)建立仿真模型,如图 5 所示。



1—液压马达;2—电磁换向阀;3、5—传感器;4、11—过滤装置;
6—溢流阀;7、9—油箱;8、10—恒压源;12—比例环节;
13—比例换向阀;14—控制源;15—介质属性。

图 5 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	参数/单位	参数值
1	液压马达	默认值	
2	电磁换向阀	工作电流/mA	40
3	输出口传感器	默认值	
4、11	过滤装置	默认值	
5	输入口传感器	默认值	
6	溢流阀	最大值/MPa	0.7
7、9	油箱	默认值	
8、10	恒压源	压力值/MPa	0.6
12	比例环节	比例系数	11.789
13	比例换向阀	默认值	
14	控制源	电流强度/mA	40
15	介质属性	运动黏度/(kg/m ³)	300

3)工作过程

控制源 14 产生控制电流,电磁换向阀 2 换向,液压系统工作,液压马达 1 转动,这时系统中的过滤装置 4 过滤液压油,同时过滤装置 11、输入端口的传感器 5 与输出端口的传感器 3 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 12 工作,并按照预定算法向补偿回路中的比例换向阀 13 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,进而降低过滤装置 4 造成的压力损失。

4.2 系统仿真与分析

本文对无补偿系统与智能补偿系统进行了仿真实验。

a)无补偿系统的仿真

依据图 4 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 6 所示。

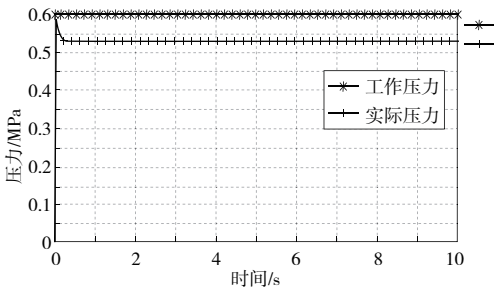


图 6 无补偿系统的特性曲线

b)智能补偿系统的仿真

依据图 5 中的仿真模型,按照表 3 中的参数进行设置并进行仿真,得到相应的特性曲线,如图 7 所示。

c)结果分析

依据 a)与 b)中的运行结果,分别对无补偿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。如图 6、图 7 所示。通过仿真发现,无补偿系统的实际供给压力 0.528 1 MPa 低于系统所需的工作压力 0.6 MPa。

(下转第 156 页)

7 结语

本文针对民机的研制全面采用 MBD 技术、全三维数字化设计,分析了装配大纲的表达形式、编制方法以及编制流程控制方法,通过构建飞机产品信息和 AO 中工艺信息的关联,对 AO 编制和使用进行结构化、流程化管理,建立适应 MBD 技术应用下的三维数字化装配大纲设计和管理系统。相关技术和软件在 C919 大型客机研制中得到应用,可供 MBD 研制模式下的飞机装配工艺表达、执行和管理借鉴。

参考文献:

- [1] 巩玉强. 基于数字模型的工艺设计与应用[J]. 航空制造技术, 2020, 63(8): 26-35.
- [2] 李汝鹏, 卢鹤, 梅繁. 大型客机基于模型定义的紧固件辅助工艺设计研究与实现[J]. 航空制造技术, 2012, 55(增刊1): 92-95.
- [3] 张鑫, 居里锴, 王云峰, 等. 机械产品装配仿真方法研究[J]. 机械制造与自动化, 2020, 49(4): 109-112.

- [4] 王林林. 基于 DELMIA 的飞机机身结构装配仿真分析[J]. 粘接, 2020, 41(5): 189-192.
- [5] 吴东琦, 朱文华, 王琛, 等. 飞机三维装配大纲技术的研究[J]. 现代机械, 2010(1): 45-48, 79.
- [6] 冯廷廷. 基于 MBD 的飞机装配工艺规划与仿真[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
- [7] 耿翔宇, 方忆湘, 靳江艳. 基于 DELMIA 的飞机产品三维可视化装配工艺设计[J]. 机械制造与自动化, 2017, 46(1): 15-18.
- [8] 孙中雷, 陶华. 飞机装配工艺仿真与可视化技术研究[J]. 现代制造工程, 2006(2): 55-58.
- [9] 王建旗. 飞机装配 AO 系统研究与开发[D]. 西安: 西北工业大学, 2004.
- [10] 吴建忠. 飞机装配三维 AO 编制辅助设计技术研究[D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2014.
- [11] 田富君, 张红旗, 张祥祥, 等. 基于轻量化模型的三维装配工艺文件生成技术[J]. 制造业自动化, 2013, 35(10): 46-50.

收稿日期: 2021-01-11

(上接第 135 页)

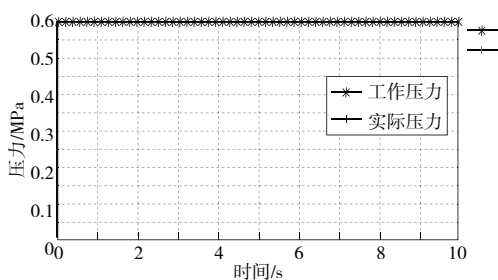


图7 智能补偿系统的特性曲线

当采用智能补偿系统时,实际供给压力约为0.59 MPa与系统所需的工作压力 0.6 MPa 基本相同。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

本文首先分析了带有过滤装置液压系统的结构与工作原理,通过分析发现过滤装置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,以 AMESim 为手段搭建了无补偿系统与智能补偿系统的仿真模型,并进行了仿真运算,通过结果的对比分析,表明智能补偿系统对过滤装置所造成的压力损失进行了有效补偿,保持了液压系统所需压力的稳定供给,具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 李俊沅. 一种新型油箱过滤装置的研究[J]. 风能, 2019(4): 124-127.
- [2] 王昶, 游杨冰, 曾明. 新型过滤装置的工作参数对过滤性能的影响[J]. 天津科技大学学报, 2017, 32(1): 36-42.
- [3] 胡际万, 李健健, 汪育, 等. 便携式液压能源过滤装置研究与应用[J]. 液压气动与密封, 2016, 36(9): 69-71.
- [4] 蒋勇. 一种剪式液压升降台控制及检测系统设计[J]. 机械制造与自动化, 2019, 48(6): 164-167.
- [5] 周晶. 气动与液压技术项目化教程[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2017: 187-189.
- [6] 钟佳炜, 刘忠, 霍佳波, 等. 比例压力流量阀控缸系统的建模与输出特性研究[J]. 机械制造与自动化, 2019, 48(4): 89-92, 96.
- [7] 师平, 白亚琼. FluidSim 和 AMESim 在液压与气动课程教学中的应用——以《液压同步回路》为例[J]. 现代制造技术与装备, 2018(11): 211-212.
- [8] 孙弘翔. FluidSIM 软件在液压与气动技术中的应用探索[J]. 科技风, 2017(21): 112.
- [9] 沈利坚. 采用电磁力杠杆机构的力平衡式传感器[D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [10] 恭飞, 王雪婷, 杜奕. 基于 AMESim 的液压系统建模与仿真[J]. 软件, 2020, 41(1): 42-45.
- [11] 王娟, 姜勇. 基于 AMESim 的深海采矿车液压执行系统建模与仿真[J]. 有色金属(矿山部分), 2012, 64(2): 5-7, 11.
- [12] 陶柳, 徐化文, 方婷. 基于 AMESim 的 M 型电液换向阀仿真研究分析[J]. 装备制造与教育, 2019, 33(4): 50-52.

收稿日期: 2020-06-09