

压差控制器设计参数对燃油计量系统影响研究

Study of Impact of Design Parameter of Differential Pressure Controller on Fuel Metering System

西北工业大学动力与能源学院 尚 洋 郭迎清
西安航空动力控制公司设计研究所 王 磊

[摘要] 某型航空发动机控制系统采用数字电子控制,其执行装置仍然是机械液压式。对于液压机械装置的研究,以往主要针对调整参数,针对设计参数的研究目前还鲜有论文发表。针对上述问题,利用 AMESim 软件对燃油控制系统液压机械执行机构进行建模仿真,得到了设计参数,如压差活门型孔、油压作用面、弹簧刚度、节流嘴等对燃油计量系统动态特性和稳态特性的影响,为液压机械装置的设计、改进改型和性能优化提供了依据。

关键词: 航空发动机 液压机械装置 AMESim 设计参数

[ABSTRACT] An aeroengine control system uses digital electronic control, its implementation is still the hydro-mechanical unit. For the study of hydro-mechanical unit, in the past mainly for adjusting parameters, few papers are published for design parameters. In response to this problem, the simulation model of the hydro-mechanical actuators of fuel control system is established by AMESim in this paper. The impact of design parameters such as differential pressure valve-shaped hole, the force surface of fuel, spring stiffness and hydraulic restrictor on the dynamics and steady-state characteristics of fuel metering system is obtained. The conclusion provides evidence for the design, the improvement and modification, performance optimization of the hydro-mechanical unit.

Keywords: Aeroengine Hydro-mechanical unit AMESim Design parameter

航空发动机控制系统按照控制方式可以分为液压机械控制系统和数字电子控制系统^[1]。数字电子控制技术以其调节精度高、可维护性好与可变更性好、容易实现飞行/推进/火控一体化综合控制等诸多优点,已成为未来航空发动机控制系统的发展趋势^[2]。航空发动机数控系统是由控制软件、电子控制器、液压机械装置、传感器、电气部件组成的。其中液压机械装置较之

前的纯液压机械式燃油调节器结构上要简单,但仍然具有结构复杂,设计、加工困难,加工周期长,对介质要求较高等特点,为了提高液压机械装置的性能和可靠性并缩短研制周期,必须在设计阶段对液压机械装置进行仿真分析。

设计参数是指在液压机械装置设计阶段,对系统的性能起决定性作用的参数,譬如各个活门的尺寸、型面、弹簧刚度等;而调整参数是指在液压机械装置调试阶段,通过对这些参数的调整,使系统性能获得有限的变化的参数,譬如弹簧初始预紧力、调整垫圈等。

对液压机械装置的研究,以往只是针对液压机械装置的调整参数对执行机构的影响^[3-5],而关于设计参数对执行机构影响的研究则很少。

本文利用 AMESim 软件对燃油控制系统液压机械执行机构进行建模仿真,重点分析了压差控制器设计参数对执行机构的影响,通过对液压机械装置仿真分析以及早发现并修正系统设计中的缺陷,确定最佳的设计方案,为液压机械装置的设计、改进改型和性能优化提供依据。

1 燃油控制系统液压机械装置简介

燃油控制系统液压机械装置主要由齿轮泵、燃油计量活门、压差控制器、LVDT 等组成。

燃油控制系统液压机械装置的功能如下:(1)接受电子控制器信号计量供给燃烧室的燃油;(2)防喘切油;(3)停车切油。

燃油控制系统液压机械装置工作原理如图 1 所示。飞机油箱的燃油经过燃油增压泵初次增压后,输送到齿轮泵进一步增压。齿轮泵后的燃油经过计量活门计量后进入发动机燃烧室。由电子控制器按发动机调节计划和控制规律给出电信号控制电液伺服阀,改变随动活塞控制腔的油压来控制计量活门的位移,同时由安装在随动活塞上的 LVDT 传感器反馈信号给电子控制器,形成计量活门位置反馈控制,从而实现电子控制器对燃油流量的控制。压差活门用来保证计量活门前后恒定的

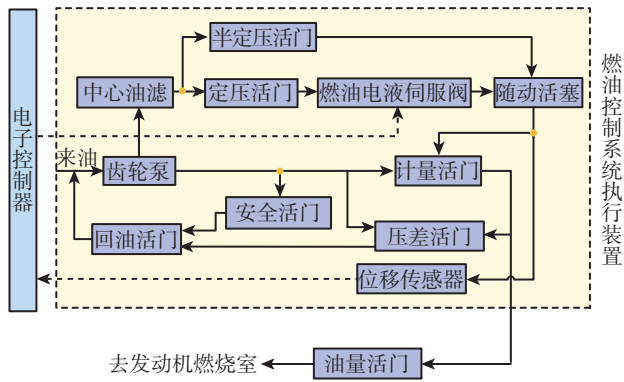


图1 燃油控制系统液压机械装置工作原理
Fig.1 Operating principle of hydro-mechanical unit of fuel control system

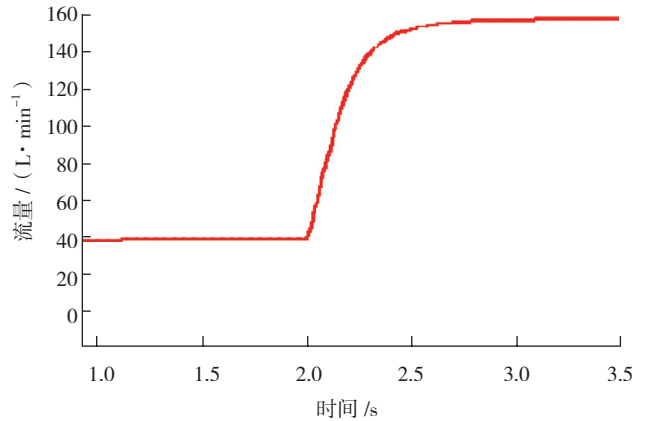


图2 计量系统输出流量
Fig.2 Flow rate of fuel metering system

压差,使供油量仅取决于计量活门流通面积。

2 燃油控制系统液压机械装置仿真模型

建模采用的软件是 AMESim。AMESim 提供了一个系统工程设计的完整平台,使得用户可以在一个平台上建立复杂的多学科领域系统的模型,并在此基础上进行仿真计算和深入的分析。使用户能够借助其友好的、面向实际应用的方案,研究元件或回路的稳态和动态性能。AMESim 使得用户从繁琐的数学建模中解放出来从而专注于物理系统本身的设计,而不需要书写任何程序代码。此外,AMESim 还具有与其他软件包丰富的接口,例如 Simulink、Adams、Simpack、RTLab 等^[6]。

3 性能分析

利用建立好的燃油计量系统的 AMESim 模型,通过分析燃油计量系统从一个稳态工作点到另一个稳态工作点输出流量的变化,对现有的设计方案进行评估。方案中压差控制器的设计参数为:压差活门型孔、压差活门出口节流嘴、回油活门阻尼孔均为圆形,直径分别为 1mm、0.6mm、0.8mm;压差活门油压作用面直径为 8mm;压差活门弹簧刚度为 8.711N/mm。设定齿轮泵转速为 7000r/min,2s 时刻,给定信号控制计量活门位移由 5mm 变化到 20mm (对应计量活门流通面积由 19.5mm² 变至 78.5mm²)。计量系统输出流量的仿真结果如图 2 所示。

从仿真结果得到:

(1) 当燃油计量系统由一个稳态工作点变到另一个稳态工作点时,计量系统输出流量在 1.1s 内达到稳定,小于系统设计要求的 1.5s;

(2) 计量系统稳态输出流量为 157.75L/min,稳态误差不超过 0.5%,并且没有出现燃油流量振荡现象。

可以得出,现有的设计方案满足对燃油计量系统的要求。

4 压差控制器设计参数对液压机械装置的影响

压差控制器包括压差活门、安全活门和回油活门,其作用是保持计量活门前后压力差恒定,使得通过计量活门的流量只与其流通面积有关。其设计参数主要包括压差活门型孔、压差活门油压作用面、弹簧刚度、压差活门出口节流嘴直径、回油活门阻尼孔直径等^[7],下面分别对这些设计参数对燃油计量系统的影响进行分析。以下研究均是在齿轮泵转速为 7000r/min,计量活门位移在 2s 时刻由 5mm 变化到 20mm 进行的。

4.1 压差活门型孔对液压机械装置的影响

压差活门型孔的作用是当压差活门两端压差没有达到设定值时,通过调整型孔的大小来调节压差活门两端压差。压差活门的型面是两个对称的圆孔。当压差活门型孔直径在 0.6~2mm 之间变化时,通过仿真得到:当压差活门活门型孔直径从 0.6mm 逐渐增加到 2mm 时,压差活门两端压差变小,压差动态特性基本不变,计量活门稳态输出流量变小,输出流量调节时间基本不变。当压差活门型孔直径为 1.5mm 和 2mm,计量活门流通面积较小时,压差活门两端压差出现波动,导致计量系统输出流量波动。因此,压差活门型孔直径应小于 1.5mm。

4.2 压差活门油压作用面对液压机械装置的影响

油压作用面的大小可以影响压差活门两端压差,此处的作用面是一个圆形,并且面积是固定的,不会随活门位移的变化而变化。当油压作用面直径从 7mm 增加到 10mm 时,通过仿真可以得出,油压作用面面积的变化对压差活门两端压差影响比较大,进而影响计量活门稳态输出流量。随着油压作用面面积的增加,压差活门两端压差减小,计量活门的稳态输出流量减小,而调节时间基本不变。这是因为当压差活门两端受力差值一

定时,油压面积增大时,单位面积的压力减小,导致压差活门前后压差减小,计量系统输出流量减小。当油压作用面直径减小到7mm时,压差活门两端压差出现波动,导致计量系统输出流量波动,因此,选取油压作用面时,其直径应该大于7mm。

4.3 压差活门弹簧刚度对液压机械装置的影响

调整压差活门弹簧刚度对压差活门两端压差有影响。在压差活门弹簧初始预紧力一定的条件下,弹簧刚度从5N/mm逐渐增加到15N/mm,通过仿真得到,随着压差活门弹簧刚度的增加,压差活门两端压差增加,计量活门稳态输出流量也随之增加,但动态特性不受影响。

4.4 压差活门出口节流嘴对液压机械装置的影响

压差活门出口节流嘴可以影响压差活门两端压差的动态特性。当压差活门出口节流嘴直径在0.4~0.7mm变化时,通过仿真得出,压差活门出口节流嘴直径的大小对压差活门两端压差动态特性的影响比较明显,随着压差活门出口节流嘴直径的增大,压差活门两端压差的调节时间变短,进而计量活门输出流量调节时间变短,而计量活门稳态输出流量不变。

4.5 回油活门通泵后燃油阻尼孔对液压机械装置的影响

调节回油活门通泵后燃油阻尼孔可以影响压差控制器的动态特性,进而影响计量系统的动态特性。当阻尼孔直径从0.4mm到1mm变化时,通过仿真得出,随着回油活门阻尼孔孔径的增大,压差活门两端压差调节时间变短,压差稳态值有微小的增加,进而计量系统输出流量调节时间变短,稳态输出流量增加。当阻尼孔直径由0.4mm增加到0.6mm时,对压差控制器调节时间影响比较明显,在0.6mm到1mm变化时,影响不太明显。

5 结论

本文利用AMESim软件对航空发动机燃油控制系统液压机械执行机构进行建模,通过仿真分析得出现有的液压机械装置的性能满足设计要求,并对压差控制器设计参数对液压机械装置的影响进行分析。在实际应用过程中,可以依据上述结论指导产品设计,为改进改型和性能优化提供了依据。

参考文献

- [1] 吴文斐,郭迎清,李睿,陆军. 涡扇发动机液压机械主控系统建模与仿真分析. 航空发动机, 2011,37(1):15-19.
- [2] 张绍基. 航空发动机控制系统的研发与展望. 航空动力学报, 2004, 19(4):375-382.
- [3] 祁新杰,郭迎清,李光耀. 某型涡扇发动机起动控制器仿真分析. 机床与液压, 2010,38(3):97-100.

- [4] Guo Y Q, Li K. Modeling of aeroengine hydro-mechanical controller and analyzing of the control system performance. ICICIC, 2009: 446-449.

- [5] Yuan X C, Guo Y Q. Modeling and simulation of a complex fuel control system//Proceedings of 1st ISJPPE. 2006:1-7.

- [6] 付永领,祁晓野. AMESim系统建模和仿真. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005.

- [7] 刘正,郭迎清,廖光煌,等. 某型压差计量装置结构设计及性能计算//中国航空学会第十二发动机自动控制学术会议论文集. 2004:158-162.

(责编 良辰)

(上接第82页)

规律,服务方案与产品状态、故障现象、故障原因之间的规律。对这种规律归纳总结,就可以形成隐形服务知识。这也是服务知识中非常重要的一类知识。

3 结论

首先根据知识的定义,分析和概括了产品服务知识的定义,提出了服务知识结构模型,利用知识分类理论和方法对服务领域的知识进行分类。分析了服务知识的信息源,认为产品BOM,服务记录等都是服务知识重要的信息源;对服务知识的获取步骤进行分析,提出了面向产品生命周期的服务知识获取模型,为进一步研究产品服务知识奠定基础。

参考文献

- [1] 史忠植,梁永全,吴文斌. 知识工程和知识管理. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [2] Gronroos C. Service management and marketing: Managing moments of truth in service competition. Lexington, MA: Lexington Books, 1990.
- [3] 吴溢华. 知识分类及知识管理应用研究[D]. 上海:同济大学, 2008.
- [4] 陈洪澜. 论知识分类的十大方式. 科学学研究, 2007, 25(1):26-31.
- [5] 疏礼兵. 组织知识, 知识分类和知识特性. 情报杂志, 2008, 27(1):76-79.
- [6] 王克勤,同淑荣. 产品设计知识分类及知识供应研究. 机械科学与技术, 2008, 27(12):1655-1659.
- [7] 许湘莲,郭江,肖志怀,等. 基于本体的电厂维护领域知识表达方法研究. 水电能源科学, 2007, 25(4):139-143.
- [8] Tang D B, Qian X M. Product lifecycle management for automotive development focusing on supplier integration. Computer in Industry, 2008, 59(2):288-295.
- [9] 舒启林,王成恩. 产品全生命周期中面向客户服务的产品模型. 中国机械工程, 2005, 16(15):1358-1362.
- [10] 张登峰,费胜巍,刘远伟,等. 复杂装备早期维护中故障诊断知识获取方法. 中南大学学报(自然科学版), 2009, 40(1):284-289.

(责编 小城)