

基于 PLC 的试车台燃油控制系统设计

许伟鹤, 乔黎, 孙朝辉

(中航工业沈阳发动机设计研究所, 沈阳 110015)

摘要: 为满足地面台架试验中操纵员对远端燃油系统参数直接监控的需求, 开发了基于 PLC 的试车台燃油控制系统; 该系统采用西门子 S7-300 系列 CPU 及其相关的外围设备, 充分考虑试验现场的实际工况, 结合 PLC 程序化控制的特点, 利用计算机运行组态软件充当监控界面, 实现了对燃油系统的远程监控; 经发动机试验验证, 该系统性能稳定, 可靠性高, 在工程上有较好的应用价值。

关键词: 燃油控制系统; PLC; 远程监控

Design of Ground Test Fuel Oil Control System Based on PLC

Xu Weige, Qiao Li, Sun Chaohui

(AVIC Shenyang Engine Design and Research Institute, Shenyang 110015, China)

Abstract: The ground test fuel oil control system based on PLC is developed for the purpose of the parameters directly control and monitor. To achieve the fuel oil system's remote controlling and monitoring, the system uses Siemens S7-300 series CPU and related peripherals, fully consider the actual situation of the ground test, combined with the characteristic of programmable control, using computer configuration software acts as a monitoring interface. The performance of the system is validated in aero-engine test-bed run, the result indicate that it has great application value in project with high accurate and stable performance.

Keywords: fuel oil control system; PLC; remote monitor

0 引言

燃油系统用于从油库向试验件及其动力装置供航空燃油, 多采用油泵的方式进行供油^[1]。燃油系统一般设置在工艺设备间, 与试车现场相距较远。燃油系统作为发动机试验的重要组成部分, 当试验进行时, 主操纵员对现场测量参数无法进行直接监控, 这样不仅影响了主操纵员对现场工况的判断, 也不利于发动机试验的进行。

基于 PLC (programmable logic controller) 的燃油控制系统采用自动控制方式, 直接将控制台设置在试验现场。不仅能远程控制燃油间各个设备的运行, 且增加了上位机监控功能, 能将执行机构的动作以及试验测量参数实时反馈到监控上位机, 操纵人员可以随时观察并调整试验工况。

1 系统原理及结构

基于 PLC 的试车台燃油控制系统, 以 PLC 为控制核心, 通过 PLC 对执行机构的控制, 实现压力、流量的实时调节和控制。同时上位机监控系统在试验过程中将试验数据以数字或曲线的方式实时显示在操纵间屏幕上, 使得操纵人员能够迅速直观地了解被控对象的工作状态。此外, 上位机将采集到的试验数据同时发送给服务器进行存储, 便于客户进行远程数据回放及分析。

燃油系统工作时, 油泵、阀门等执行机构的操纵控制及运行状况指示, 均通过上位机显示及观察。整个系统采用分布式结构, 由服务器、上位机、PLC 采集模块、执行机构等组成。

收稿日期: 2014-07-16; 修回日期: 2014-09-30。

作者简介: 许伟鹤(1982-), 女, 河南洛阳人, 工程师, 主要从事航空发动机地面台架测控工作方向的研究。

乔黎(1963-), 男, 辽宁沈阳人, 研究员, 主要从事航空发动机地面台架测控系统设计、开发及系统信息化方向的研究。

上位机通过 TCP/IP 协议完成与 PLC 的信息交互, 同时通过上位机组态软件自带的 OPCServer 将数据传输给服务器, 完成数据交互, 实现远程监控功能。整个系统结构如图 1 所示。

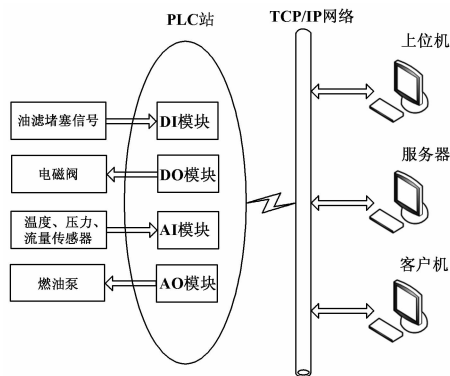


图1 燃油控制系统结构图

整套系统对试验过程具备实时操控的功能, 同时将数据采集、数据传输、数据回放等功能集于一体, 高效、精准地满足了燃油系统的测控需求, 完善了整机试验流程的管控功能^[2]。

2 系统设计

整套系统的设计依据燃油系统原理图进行, 在考虑最大限度满足被控对象要求的前提下, 力求使控制系统简单、经济、实用和维护方便^[3], 同时考虑到整套系统后续的扩容和改造, 在选择 PLC 模块时留有一定的余量。

2.1 硬件设计

整套系统 PLC 站的搭建全部选取西门子公司的 PLC 模块。采用 315-2DP CPU、PS 电源模块、CP343-1 通讯模块以及相应的数字量输入 (DI)、输出 (DO) 模块和模拟量输入 (AI)、输出模块 (AO);

测量传感器的选型主要依据燃油系统测试要求, 选择具有 4~20 mA 或者 1~5 V 标准电信号输出的变送器进行测量;

泵的起/停采用现场手动控制与 PLC 远程控制两种方式实现, 可以实现手动控与自动控的随时切换;

硬件电路的安装和调试依据电气施工图进行。在保证所有工艺设备供电电源尽量一致的前提下, 在供电系统增加 UPS 电源以防止意外断电。

2.2 逻辑程序编制

PLC 用户程序根据燃油系统现场控制要求, 用 PLC 的程序语言 LAD 编制的梯形图来实现执行机构的各种控制。STEP7 是用于 SIMATIC 可编程逻辑控制器组态和编程的标准软件包。在本套系统中, 主要用来进行硬件组态和逻辑程序编制, 以及逻辑程序执行结果的在线监视。

程序的编制采用结构化设计思想, 基于系统硬件架构, 通过 TCP/IP 协议, 以西门子通讯模块为桥梁进行数据传输。燃油系统用户程序的创建主要有以下几个步骤:

1) 项目创建。单击桌面 STEP7 图标, 进入 SIMATIC Manager 界面, 单击工具栏中“新建项目”创建燃油系统项目;

2) 组态硬件。选择燃油系统项目, 单击右键, 选择建立一个 S7-300 工作站, 双击硬件组态按钮对项目进行 PLC 硬件组态。

3) 组态网络和通讯连接。按照图 1 所示的控制系统结构设置子网。

4) 定义符号。在符号编辑器中定义变量, 选择 26 个英文字母, 取每个变量汉字的首字母命名, 因为汉字的命名通常会影响程序执行的速度。

5) 逻辑程序编制。采用结构化编程, 用梯形图的形式实现顺序控制。程序按照逻辑条件顺序动作, 并按照逻辑关系进行连锁保护动作的控制。

6) 下载程序到可编程控制器。将 PLC 的工作模式设置为 STOP, 下载用户程序。

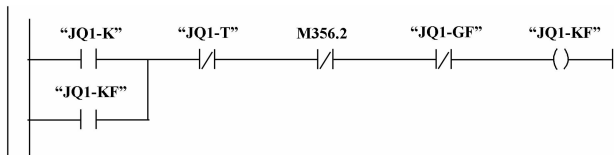


图 2 逻辑程序编制界面

2.3 上位机监控界面设计

上位机监控界面采用 WinCC V6.2 组态软件制作, 由计算机 (运行组态软件) 充当。打开 WinCC 自带的图形编辑器, 使用包含在对象和样式库中的众多的图形对象来创建燃油系统过程画面, 并通过动作编程将动态添加到单个图形对象上。借助于虚拟设备、数字显示等画面的提示和操作, 实现对燃油系统的监视和控制功能。整个系统主要分为以下几个部分: 燃油系统结构显示、执行机构操纵、阀位实时显示、采集参数记录及传输。

在燃油系统画面中, 系统动态显示采集到的温度、压力、流量等数据, 并通过红、绿、黄不同的颜色进行区别; 执行机构如燃油泵的起/停、电磁阀的开/关等点击画面上相应的设备即可获得, 一般绿色表示起动, 灰色表示运行停止, 红色则说

明设备报故, 此时需要操纵人员及时结束试验进行检修; 出于安全方面考虑, 报警信号与报故信号一致, 也一并设为红色, 以引起相关人员注意, 将事故率降到最低。燃油系统的监控界面如下图所示。

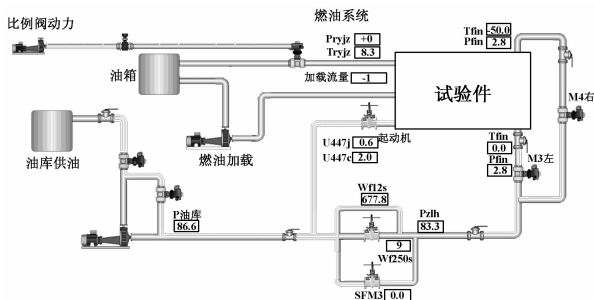


图 3 燃油系统监控界面

2.4 数据传输

由于西门子 PLC 采用 OPC 方式接入系统, 上位机通过 WinCC 自带的 OPCServer 进行数据传输。采用 VB 语言编写了基于 Winsock 的上位机与服务器之间的通讯程序, 通讯程序基于 TCP/IP 协议, 采用 C/S 模式进行。在服务器与上位机之间分别建立服务器端应用程序和客户端应用程序。服务器端应用程序在起动时首先完成初始化工作, 通过对 Socket 的绑定对上位机请求进行监听, 当上位机请求到来时, 服务器触发侦听事件, connect 函数连接上位机, 完成通讯连接过程; 数据传输过程中, 上位机调用 send 函数发送数据, 服务器调用 get 函数接受数据; 如果客户端程序关闭时, 服务器端 Socket 控件将自动转入侦听状态, 等待上位机下一次发出连接请求时进行自动连接; 如果服务器端程序关闭时, 上位机无法连接就会间隔一段时间发送一次连接请求, 待服务器程序运行侦听后自动进行连接, 通过如上方法实现了服务器与上位机之间的自动通讯功能。数据传输流程如图 4 所示。

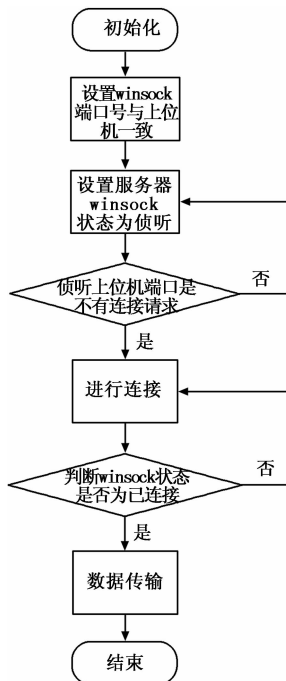


图 4 数据传输流程图

3 试验结论

系统调试完成后, 在某型号发动机地面试验中进行了验证, 选取了 250 kg/min 的流量计测量参数 Wf250s 与燃油进口压力 Pfin 随发动机转速变化的数据。数据回放曲线如图 5 所示, 从图示波形来看:

- 1) 整套系统控制方式简单高效, 快速准确;
- 2) 系统可以实现发动机各个状态的稳定控制及参数测量;
- 3) 发动机从起动到最大状态, 测量参数波形稳定, 无振荡, 随着发动机状态改变, 波形随动性较好, 抗干扰能力强;

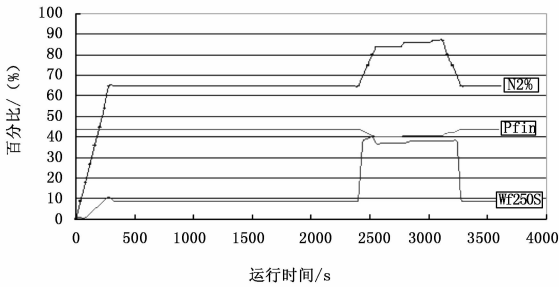


图 5 数据回放曲线

(上接第 1528 页)

速度跳变问题, 与它相比采用双模糊自适应滑模控制算法的初始力矩和速度得到了平滑, 大力矩和速度跳变问题得到了有效地解决。

5 结论

本文以 SCARA 机器人为研究对象, 进行了双模糊自适应滑模动力学控制策略的设计, 并通过 MATLAB 分别对 3 种算法进行了仿真与对比试验。

1) 无需确定被控对象的具体数学模型; 具有强鲁棒性、高跟踪精度。采用基于计算力矩法的滑模方法, 保证控制中的强鲁棒性; 引入指数趋近律, 消除滑模控制中的抖振问题。

2) 采用一个自适应模糊控制器, 根据滑模到达条件对滑模切换增益进行估算, 增强其对不确定性因素的适应能力, 消除在滑模控制中输出力矩的抖振现象。

3) 采用另一个模糊自适应控制器对指数趋近律的系数进行修正, 改善了由于大范围的初始位姿偏差而引起的大力矩和速度跳变问题。

参考文献:

- [1] Le T D, Kang H J, Ro Y S. Robot manipulator modeling in Matlab Simmechanics with PD control and online Gravity compensation [A]. IFOST 2010 Proceedings [C]. 2010: 446 - 449.
- [2] Luca A D, Flacco F. A PD-type Regulator with Exact Gravity Cancellation for Robots with Flexible Joints [A]. 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation [C]. 2011: 317 - 322.
- [3] 霍伟. 机器人动力学与控制 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [4] Zhu M C, Li Y C. Decentralized adaptive fuzzy sliding mode control for reconfigurable modular manipulators [J]. International Journal

of Robust and Nonlinear Control, 2010, 20 (4): 472.

各型号发动机试验数据经设计部门验证考核, 与发动机实际性能吻合度较高, 说明该套系统控制方法有效, 获得的数据真实可靠, 达到了设计部门的使用需求, 可以应用于发动机地面试验。

4 结束语

基于 PLC 的燃油控制系统自 2011 年投入使用以来, 一直运行稳定, 目前已实现 3 年无故障运行。该系统功能完善, 并可根据实际需求对控制程序和上位机监控界面进行更改及调整, 较好的解决了远程监控燃油系统各类参数的问题, 具有较高的应用价值。整套系统与服务器上数据采集系统的数据交互, 更使得整套系统的信息化水平进一步提高。

参考文献:

- [1] 中国航空工业集团公司, 新航空概论 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2010.
- [2] 刘帅, 纪志成. 基于 S7-400 的脱盐水综合控制系统设计 [J]. 测控技术, 2013, 32 (9): 60 - 63.
- [3] 孙朝辉, 乔黎, 等. 飞机附件液压泵加载测控系统设计 [J]. 测控技术, 2013, 32 (9): 97 - 99.
- [5] Chang M K, Lin S Y, Yuan T H. Tracking control of a 3-DOF rehabilitation robot actuated by pneumatic muscle actualors using adaptive self-organising fuzzy sliding mode control [J]. International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications, 2011, 10 (1): 65.
- [6] Charles J. Fallaha, Maarouf Saad, Hadi Youssef Kanaan, Kamal Al-Haddad. Sliding-Mode Robot Control With Exponential Reaching Law [J]. IEEE Transactions on industrial Electronics, 2011: 600 - 610.
- [7] Kuo T C, Hong B W, Huang Y J, et al. Adaptive Fuzzy Controller Design for Robotic Manipulators with Sliding Mode Control [A]. IEEE World Congress on Computational Intelligence [C]. 2008: 581 - 586.
- [8] Bao G J, Zhang Q F, Lu J Y, et al. Sliding-mode Position Control of Robot Joint Based on Self-adaptive Parameters Adjusting [A]. Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics [C]. 2010: 478 - 483.
- [9] 张金萍, 刘阔, 林剑锋, 等. 挖掘机的 4 自由度自适应模糊滑模控制 [J]. 机械工程学报, 2010, 46 (21): 87 - 94.
- [10] Hai-Jun Rong. Indirect Adaptive Fuzzy-Neural Control of Robot Manipulator [A]. 2012 IEEE 14th International Conference on High Performance Computing and Communications [C]. 2012: 1776 - 1781.
- [11] 熊有伦. 机器人技术基础 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1996.
- [12] 蔡自兴. 机器人学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [13] Wang L X. A Course in Fuzzy Systems and Control [M]. EnglewoodCliffs, NJ: Prentice-Hall, 1997.
- [14] 黄用华, 廖启征, 魏世民, 等. 前轮驱动自行车机器人定车运动的鲁棒控制实现 [J]. 计算机测量与控制, 2012 (6): 1535 - 1539.