

doi: 10.7690/bgzdh.2013.06.015

基于专家系统的热动力试验台测控系统

纪宇潇¹, 张继华², 刘旺开¹, 张中楠¹

(1. 北京航空航天大学航空科学与工程学院, 北京 100191; 2. 63853 部队, 吉林 白城 137001)

摘要: 针对传统的 PID 控制无法解决双路热动力试验台的测控系统控制的各参数存在强耦合性的问题, 设计一种基于专家系统的热动力试验台测控系统。分析了控制系统的硬件和软件结构, 引入专家系统的控制方法, 模拟专家利用知识进行推理, 并从压力瞬态控制、给定出口压力规律以及温度控制仪表的无扰动切换 3 个实验分析了专家控制方法。实践结果证明: 基于专家控制的测控系统能保证精度控制要求, 目前该系统已通过专家验收并投入运行。

关键词: 测控系统; PID 控制; 专家系统

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Measurement and Control System of Thermodynamics Test Unit Based on Expert System

Ji Yuxiao¹, Zhang Jihua², Liu Wangkai¹, Zhang Zhongnan¹

(1. School of Aeronautic Science & Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. No. 63853 Unit of PLA, Baicheng 137001, China)

Abstract: Because the traditional PID control can not solve the storing coupling among parameters of measurement and control system in double-path thermodynamics test bed. Design a thermodynamics test bed measurement and control system based on expert system. Analyze hardware and software structure of control system, use control method of expert system, simulate expert use knowledge to reasoning and analyze expert control method from pressure transient control, pressure control according to a given curve and the non-perturbation switch of the temperature controller. The test results show that the measurement and control system based on expert control can meet requirement of precision control. The system has passed the check of the experts and been used in operation.

Key words: measurement and control system; PID control; expert system

0 引言

双路热动力试验台的主要用途是在飞机环境控制系统中模拟各种不同的飞行状态时飞机发动机引气、座舱供气、设备舱供气及冲压空气等参数(包括压力、流量、温度和湿度等)。双路热动力试验台由热路(中压、高温)系统、加湿系统、冷路(低压)系统、制冷路系统和测控系统构成^[1]。测控系统是该试验台的核心部分, 需要控制的参数很多, 并且参数之间存在强耦合性。例如, 对于温度的控制, 需要同时控制温度、流量和入口压力, 还要满足湿度的要求, 而湿度又与温度直接相关。另外在系统试验状态转换时, 当流量由大变小时, 温度会迅速升高, 如何在试验工况改变时不发生某相关参数的失控或超调也是一个需要考虑的问题。系统参数动态控制和参数曲线变化控制对于系统控制的快速性和跟随性要求很高, 需要参数按要求快速变化并且不超调, 这些对控制算法的要求很高^[2]。如果仅仅采用传统的 PID 控制, 很难取得满意的控制效果。近

年来迅速发展的智能控制理论提供了一种可行的解决途径。

1 控制系统的总体结构

1.1 控制系统的硬件结构

测控系统总体可分为: 检测与执行级、下位控制级、上位管理与监控级、多机通讯级。

检测与执行级: 指现场信号测量单元与设备执行单元。包括温度、压力等参数测量设备和气动调节阀、调功器、电加热器等执行设备。

下位控制级: 由各种内装微处理器的单回路调节器组成^[3], 和现场相连, 除可直接显示现场测量参数值以外, 还主要担负着控制现场执行机构的运行的任务。

上位管理与监控级: 它由上位控制计算机及接口电路组成, 与下位控制级通过 RS-485 通讯接口相连, 从下位控制级获得各种试验数据, 并处理和管理试验数据, 生成各种曲线及报表, 实时监控试验运行状况。

收稿日期: 2012-12-31; 修回日期: 2013-01-21

作者简介: 纪宇潇(1987—), 男, 山东人, 硕士, 从事计算机测量与控制研究。

多机通讯级: 它主要通过 Internet 来实现远程计算机对试验数据的共享。系统硬件组成如图 1。

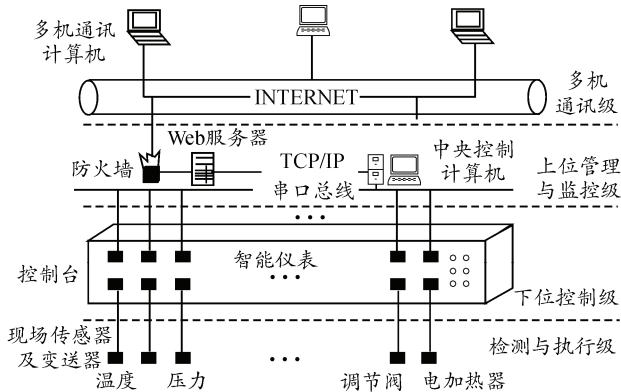


图 1 测控系统硬件结构

1.2 控制系统的软件结构

基于计算机技术的测控平台的功能通过软件部分对硬件设备的操作实现^[4]。软件结构如图 2。

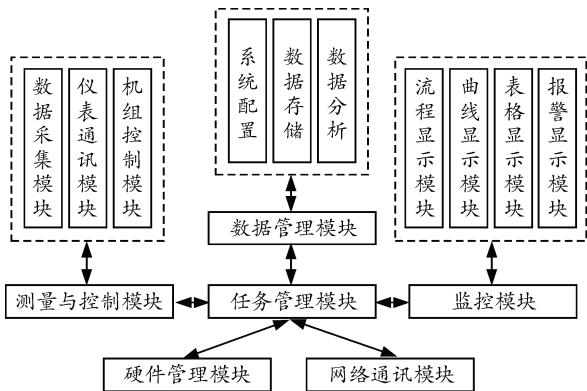


图 2 测控系统软件结构

在测控平台软件设计过程中, 综合试验系统的功能需求, 并考虑测控平台软件的通用性, 总结分布式测控平台软件部分应当具有以下功能:

- 1) 试验任务可以自行配置;
- 2) 试验过程可随时进行参数的修正或设置;
- 3) 实时显示试验流程及试验参数;
- 4) 实时曲线显示及打印;
- 5) 试验数据实时存储;
- 6) 测控软件具有超限报警、联锁保护功能。

2 专家系统的简介

专家控制是智能控制的一个分支。所谓专家控制, 是把专家系统的理论和技术同控制理论、方法和技术相结合, 在未知环境下, 仿效专家的智能实现对系统的控制。在控制对象的数学模型较为复杂或根本无法建模时, 专家的经验能较好地解决问题。

专家系统的知识库和推理机分离的特点使它不

同于传统的程序设计方法^[5], 能够很好地处理一些非确定性或非结构化的复杂问题, 被广泛的应用于医疗、工业、农业、教育等问题。图 3 是专家系统的一般结构。

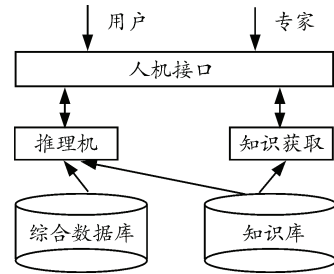


图 3 专家系统的一般结构

专家系统是用基于知识的程序设计方法建立起来的计算机系统, 它综合集成了某个特殊领域内专家的知识 and 经验, 能像专家那样运用这些知识, 通过推理, 模拟人类专家做决定的过程来解决那些专家才能解决的复杂问题。专家系统是由知识库、推理机、人机接口等部分组成, 其中知识库和推理机是专家系统的核心。

3 专家系统的设计

3.1 知识库的设计

知识库是规则的集合, 专家的各种经验被总结成可以被推理机搜索匹配并执行的规则集中的存放在程序的某一特定区域。

知识采用启发式规则表示:

IF<CONDITION> THEN<ACTION>

例如:

规则 1:

IF

<入口压力<=额定值时>

THEN

<通过智能仪表控制阀门定位器使阀门的开度增加>

规则 2:

IF

<流量控制在目标值的误差范围内>

THEN

<可以开始调节电加热器的温度>

规则 3:

IF

<被切换的电加热器的温度和出口温度都达到目标值的误差范围内时>

THEN

<切换该电加热器的控制仪表为出口温度表进行控制>

当用户通过人机交互界面输入想要达到的温度、压力等条件时，通过推理机在知识库中不断地搜寻满足 IF 部分（条件部分）的规则，并执行规则的 THEN 部分，来模拟专家处理问题的思路，进而实现专家智能控制。

3.2 推理机的设计

推理机用于记忆所采用的规则和控制策略的程序，使整个专家系统能够以逻辑方式协调地工作。推理机能够根据知识进行推理和导出结论，而不是简单地搜索现成的答案。

推理机根据数据库提供的信息以及知识库的知识规则，采用正向推理的方法，进行搜索匹配，判断推理，提取相应的规则来执行，在本程序中由 C++ “if” 语法结构的功能自动实现。

4 控制效果

以下为 3 个实验项目中采用专家控制效果图。

4.1 压力瞬态控制

如图 4，试验系统的限流结构形式改变(排气反压阀由 10.5%~22.5%往复变化，每次持续 20 s)，要求控制系统出口压力，流量保持在 A→B→A 范围内变化(A、B 分别为一定状态点)。经验证，系统的出口压力波动范围保持在 80 kPa 以内，在被允许的程度以内，且压力波动恢复稳定的时间保持在 1 min 以内，符合系统的使用要求。

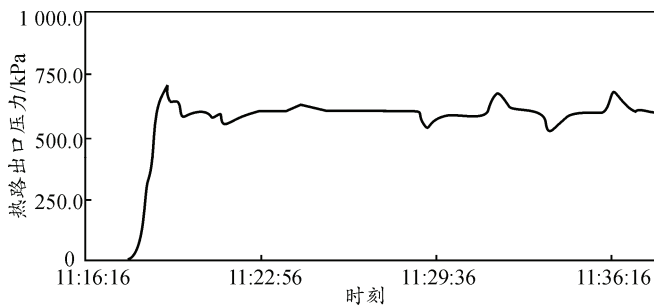


图 4 压力瞬态控制曲线

4.2 按给定压力曲线控制

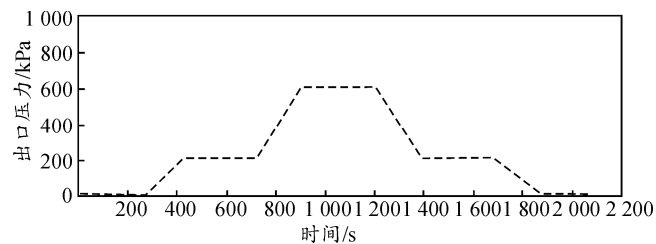


图 5 给定出口压力规律

出口压力按给定曲线规律变化。调试中给定的出口压力曲线规律如图 5。

压力曲线跟踪控制性能效果图如图 6。

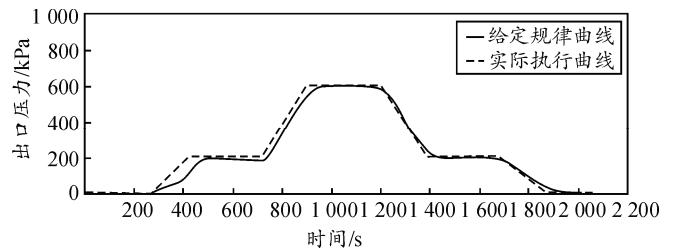


图 6 控制的出口压力曲线

实际的控制图像和设定的控制曲线基本一致，虽然存在一定的滞后性，但曲线斜率和设定值基本一致，符合设计要求。

4.3 无扰动切换控制

如图 7，进行温度控制仪表的无扰动切换，可见需要控制的实线曲线在切换点前后温度并未发生明显改变，控制效果满足要求。

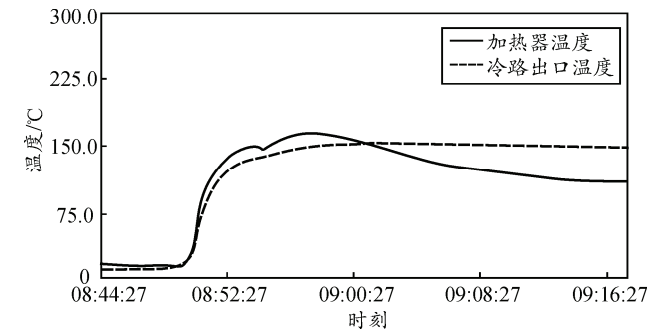


图 7 无扰动切换

5 结论

笔者采用自行设计的组态软件，运用专家系统控制原理开发了双路热动力试验台控制系统。目前，该系统已通过专家验收并投入运行。实践结果证明：测控系统的设计和实践中是可行的，可维护性强，系统运行稳定可靠。

参考文献：

- [1] 内部资料. 双路热动力试验台研制技术协议书[S].
- [2] 王锦标, 方崇智. 过程计算机控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 28-30.
- [3] 蒋平, 沈为群, 刘旺开, 等. 座舱压调试验台测控系统的设计[J]. 兵工自动化, 2007, 26(1): 65-67.
- [4] 尹禄高. 某环境模拟系统测控平台的研究与开发[D]. 北京: 北京航空航天大学硕士学位论文, 2009.
- [5] 蔡自兴, 约翰 德尔金, 等. 高级专家系统: 原理、设计及应用[M]. 北京: 科学出版社, 20-22.