

某型飞机发动机温度控制盒检测系统设计

蔡传凯¹, 谢 斌¹, 蒋 宁², 陈 斌¹

(1. 空军航空大学航空机械工程系, 吉林 长春 130022;

2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要 阐述了检测系统的参数指标以及总体设计, 并对设计中的关键技术进行了详细介绍。解决了频率和占空比检测、热电偶信号模拟和冷端温度检测等问题。在实际使用过程中效果良好, 使温度控制盒性能的检测质量得到了较大提高。

关键词 检测; 温度控制盒; 热电偶信号模拟; 频率和占空比

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1672-545X(2009)01-0055-03

某型飞机发动机温度控制盒, 通过热电偶测量发动机排气温度, 当排气温度超过限定温度时, 对发动机采取限油或停车控制, 从而保证发动机排气温度不超过规定值。温度控制盒性能的好坏直接关系到发动机的工作安全, 如其发生故障, 轻则影响发动机性能, 重则造成事故。为了保证飞行安全, 维护规程规定: 在飞机定检时, 要对温度控制盒的性能进行检测。因此, 研制某型飞机发动机温度控制盒检测系统, 具有十分重要的意义。

1 检测系统的总体设计

1.1 参数需求分析

参数需求分析, 就是分析温度控制盒需要哪些激励信号、激励信号的类型和范围, 哪些参数需要被检测, 被测参数的类型和变化范围。通过将检测结果与参数需求分析的结果进行对比, 进而判断温度控制盒性能的好坏。温度控制

盒被测参数如表 1 所示。

表 1 温度控制盒被测参数列表

信号名称	信号范围	最大允许误差
温度激励信号	0~80 mV	0.04 mV
频率	5~8 Hz	0.2 Hz
占空比	0~100%	1%
温度检测	0~730±7℃	2℃
限制状态工作电流	≤3A	0.003 A
静态工作电流	0.25±0.05 A	0.003 A

1.2 总体方案设计

根据参数需求分析的结果, 系统采用基于单片机的开发平台, 需要检测的主要有温度、频率、占空比、电压和电流等信号, 由此针对单片机系统设计开发的特点和检测参数的类型, 进行系统硬件方案总体设计。

检测系统主要包括五部分, 如图 1 所示:

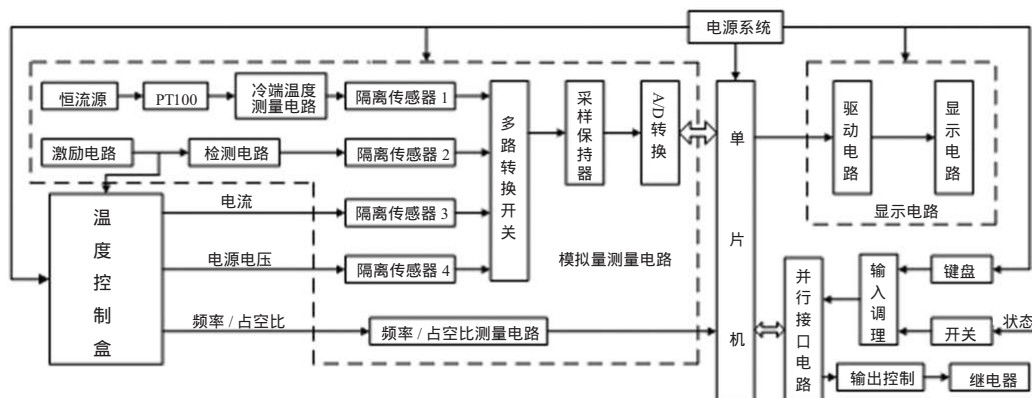


图 1 系统总体图

一是模拟量输入通道部分, 这一部分是检测系统的核心, 主要由激励电路、温度检测电路、频率/占空比测量电路、隔离传感器、多路转换器、采样保持器和 A/D 转换器等组成;

二是电源供电部分, 用来供给检测系统所需的各种直流

电压, 主要由 DC-27S5、DC-27S±12 电源模块和分压电路等组成;

三是单片机, 用来处理各种数据, 本检测仪采用 89C51 单片机;

收稿日期: 2008-10-11

作者简介: 蔡传凯(1984—), 男, 山东德州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 航空装备技术保障。

四是显示部分,用来显示各检测参数的数值,主要由驱动电路和显示电路等组成;

五是输入输出调理部分,实现各种数据的输入和控制状态信号的输出,主要由并行接口电路、开关、键盘和继电器等组成。

2 主要关键技术

2.1 热电偶信号模拟

对温度控制盒的检测,是在飞机进行 300 h 定检或发现事故征候时进行的,检测时将温度控制盒从飞机上拆下后进行,因此要对其提供激励信号(既热势模拟信号)使温度控制盒工作,进而检测其性能的好坏。可以看出,激励信号作为驱动信号对检测结果的准确与否,起着很重要的作用,因此激励信号源必须要有较高的精度和稳定性。

本系统采用两个输出电压呈线性的可调直流稳压器 LM117,分别用作可调电压源和基准电压源。可调电压源与基准电压源之间形成一定的电势差,再经过分压电路分压即可输出线性可调的 mV 电压信号。热电偶热势模拟电路的设计,很好地解决了研制中遇到的问题,技术参数完全达到设计要求,输出信号偏移量不超过 0.04 mV(即精度可以保证 $\pm 1^\circ\text{C}$) 稳定性好。

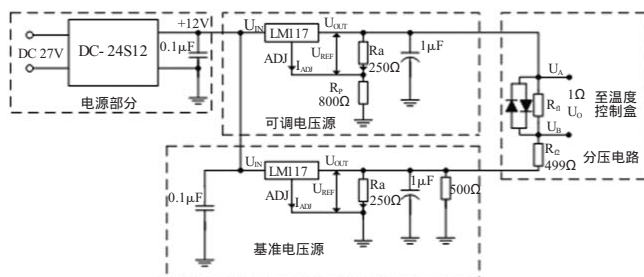


图2 热电动势模拟电路

2.2 频率和占空比检测

当发动机排气温度超过 700°C 时,温度控制盒发出限油信号,对发动机供油系统进行控制,从而减少了燃油供给量,降低了发动机的排气温度。该控制信号为频率与占空比都变化的方波信号,检测规程规定对其中几个重要的变化点进行检测,当占空比为 50% 时信号的频率,占空比为 25% 时信号的频率,这些检测参数都有共同的特点,频率为低频信号且测量频率和占空比要同时进行,测量难度较大。

对频率和占空比测量,拟采用基于单片机的方法,充分利用其数据处理的优势。常用的方法有测频法和测周法等。本检测系统根据适于低频信号检测的测周法原理,对其进行改进使之能同时测量频率和占空比。该方法将温度控制盒输出信号进行隔离、滤波、数字逻辑电平转换处理,形成标准形式的待测信号,随后将待测信号进行反相,然后将反相前后的信号作为门控信号,分别控制两个计数器对待测信号进行计数。两个计数器的计数结果,即为待测信号的高、低电平的时间,二者之和即为待测信号的周期,取倒数得待测信号频率,而高电平间期与周期的比值,即为待测信号的占空比。



图3 频率和占空比检测电路

2.3 冷端温度检测

冷端温度检测选用 PT100 温度传感器,采用恒流源法对 PT100 阻值进行测量,根据阻值查分度表得出相应温度值。恒流源利用运算放大器设计恒流源,并对其改进使用恒压源与恒流源相结合的方法,利用恒压源的高精度恒压输出作为运算放大器正相输入端电压,从而提高运算放大器正相输入电压的稳定性,改善了恒流源的效果,如图 4 所示。

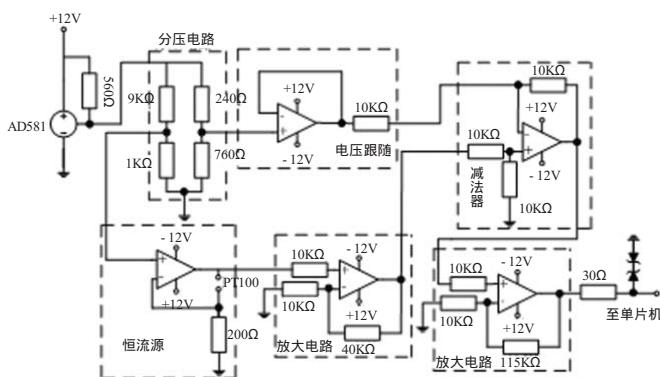


图4 冷端温度检测电路

图 4 中,AD581 输出的 +10V 稳定电压,经过电阻分压产生 +1V 的基准电压,根据运算放大器“虚短”原理,将电阻选择为 200Ω 将会形成 5 mA 的恒定电流。由于检测时,温度为室温(取 $-30^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$),PT100 对应阻值为 $88 \sim 120\Omega$,所以 5mA 恒定电流流过 PT100 传感器产生 $440 \sim 600\text{ mV}$ 的电压,再加上 1V 的基准电压,经放大器放大 5 倍,送入由运算放大器 OP07 制作的减法器的正相输入端是 $7.2 \sim 8\text{ V}$ 范围的电压。另外,AD581 输出的 +10V 稳定电压,经过电阻分压产生的 +7.6V 电压,经过电压跟随器送入减法器的负相输入端。根据减法器的原理,其输出电压范围在 $-0.4 \sim 0.4\text{ V}$,该电压通过放大倍数为 12.5 的放大器最终形成 $-5 \sim +5\text{ V}$ 范围的电压信号,经过稳压二极管限压后,送入多路转换开关的通道 3,再送至单片机。

3 软件设计

检测系统软件程序采用单片机 C 语言编写,其比汇编语言更符合人们的思考习惯,可以使开发者与硬件无必要的接触,更专心的考虑功能和算法,而不是考虑一些细节问题。系统软件设计采用结构化设计的方法,结构化设计主要包括以下几个方面的工作:

- (1) 分层设计,即把整个设计分成层次,上一层的程序块调用下一层的程序块;
- (2) 模块化编程,即力求使每一模块独立,其正确与否不依赖于上一层模块;

(3) 结构化编程,使用结构良好的转移与控制语句。

为了提高软件系统的可靠性和可维护性,缩短开发时间,系统软件在开发时严格按照软件工程的规范要求编写。系统主要实现检测、查询、数据删除和通讯功能,整体结构如图 5 所示。其中,主程序利用键盘处理模块将程序散转到各个子程序,每个子程序实现一定的功能,主程序流程图如图 6 所示。

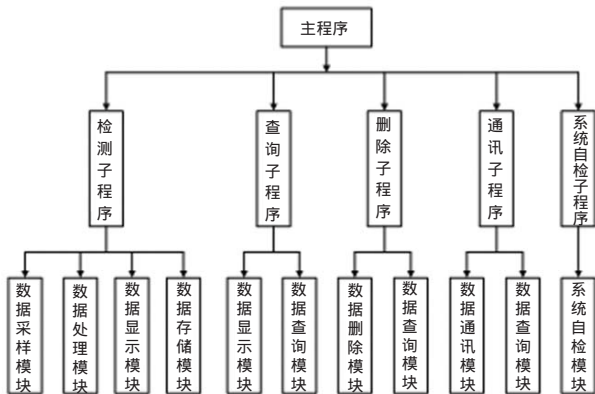


图 5 软件整体结构图

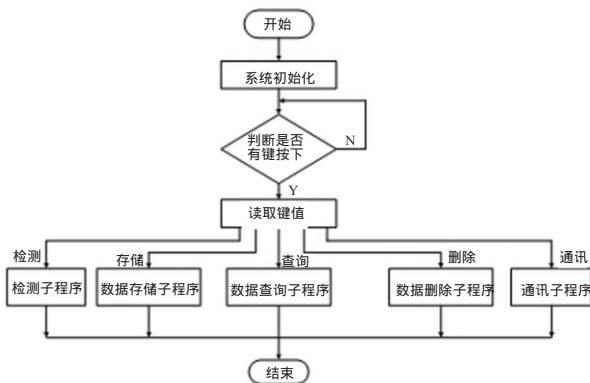


图 6 主程序流程图

模块设计采用模块化编程的思想,从软件结构底部模块开始编写,逐步堆积为子程序和整个程序系统。根据图 5 可知本系统主要模块有:数据采集模块、数据处理模块、数据存储模块、数据查询模块、数据通讯模块、数据显示模块、数据删除模块和系统自检模块。

4 结论

检测系统的研制成功,实现了对温度控制盒各项检测参数的准确检测,为地面保障人员准确判断温度控制盒的性能提供了精确的检测数据。温控盒检测系统的研制成功,对于改善温控盒性能参数的检测手段,提高温控盒性能参数检测的准确性和检测质量,改进部队维修手段具有重要意义。

参考文献:

- [1] LM117 3-Terminal Adjustable Regulator [R].DS009063.California: National Semiconductor Corporation, 2005.
- [2] 陈梓城,等.实用电子电路设计与调试[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [3] 吴文全,束华.基于单片机的多周期完全同步测频技术[J].电子技术应用,2004,(04):21-24.
- [4] 汤黎明,常本康,等.精密低频信号频率与占空比测量电路设计与应用[J].医学研究生学报,2002,(08) 352-355.
- [5] 叶湘滨,熊飞丽,等.传感器与测试技术[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [6] 张洪润,杨指南,等.智能技术—系统设计与开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [7] 范风强,兰婵丽.单片机语言 C51 应用实战集锦[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [8] 张毅刚,彭喜元,等.新编 MCS-51 单片机应用设计[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.

Developed of Testing System for Certain Aero- engine Temperature Controller

CAI Chuan-kai¹, XIE Bin¹, JIANG Ning², CHEN Bin¹

(1. Department of Aviation Mechanical Engineering, Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China;

2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Main parameter indicators and total design of the testing system are introduced, and key technologies in process of design are expatiated. The system solves problems such as measurement of frequency and duty cycle, simulation of the thermoelectricity, environment temperature detection etc. The effect is good in actual usage process and also highly improves the testing quality of the temperature controller.

Key words: Testing; Temperature controller; Simulation of the thermoelectricity; Frequency and duty cycle.