

doi: 10.7690/bgzdh.2013.04.002

某小型涡轮发动机电子控制器

邓文超, 王道波, 路引, 谢建国

(南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016)

摘要: 为解决传统航空推进系统存在的不足, 研制了某小型涡轮发动机数字电子控制系统。根据该型发动机电子控制器的设计要求, 分析数字电子控制系统的功能原理及结构组成, 着重对工作原理进行探究, 设计了数字电子控制器的控制软件, 并进行半物理仿真试验。试验结果表明: 发送机数字电子控制器能满足发动机的性能要求, 完成时序起动; 在闭环过程中没有出现超调, 且可提取功率, 没有震荡。

关键词: 小型涡轮发动机; 数字电子控制系统; 模块化; 嵌入式; 信号调理

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Electronic Controller of Certain Type Small Turbine Engine

Deng Wenchao, Wang Daobo, Lu Yin, Xie Jianguo

(College of Automation Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: In order to solve the deficiencies of the traditional aviation propulsion system, we developed the digital electronic control system of certain type of small turbine engine. According to the design requirements of the electronic controller, analyze the functional principle and structure of the digital electronic control system, focused on the working principle, then developed the control software of digital electronic controller, and conducted the semi-physical simulation. The simulation result shows that the digital electronic controller can satisfy the performance requirements of engine, and achieve time sequence start. There is no overshoot in a closed-loop process, and the power can be extracted without shocks.

Key words: small turbine engine; digital electronic control system; modularity; embedded; signal conditioning

0 引言

小型涡轮发动机, 因其在无人机和导弹等领域中的巨大应用前景而备受关注。但由于现代航空动力装置的飞行条件和工作环境越来越复杂, 动力控制的难度也随之加大, 传统航空推进系统所采用的液压机械式控制系统就暴露出严重的不足, 难以满足现代战争对无人机和导弹等的灵活和敏捷性要求。只有航空发动机数字控制系统才能够实现这些要求和充分发挥发动机的潜力^[1]; 因此, 笔者研制一种某小型涡轮发动机电子控制器。

1 数字电子控制系统的原理及其结构组成

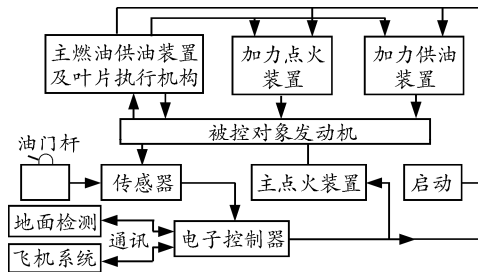


图1 数控系统工作原理

数控系统的工作原理是^[2]: 由电子控制器通过各类传感器以及与飞行器的通讯接口, 采集发动机的转速、温度、压力以及其他发动机工作状态信号,

再根据接收的操纵指令, 在电子控制器内按给定的控制规律和设计的控制算法计算得到发动机应处工作的状态。将此状态与发动机实际工作状态相比较, 若存在偏差, 控制器就给出偏离控制信号, 通过相应的执行机构, 使发动机最终工作在所要求的工作状态上, 如图1所示。

数控系统的功能主要是发动机起动控制、燃油阀控制、发动机参数的限制、传感器及控制系统的故障诊断处理及状态监视、与飞机系统和上位机的通讯。由功能分析其结构组成主要包括: 控制模块、输入模块(传感器信号调理电路)、输出模块和电源模块4部分^[3], 其结构如图2所示。

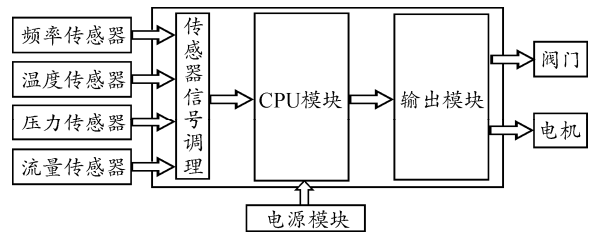


图2 数控基本体系结构

2 数字电子控制系统的设计

2.1 数字电子控制器的硬件设计

数字电子控制器是一个小型箱装的机载电子设备^[4], 如实物图3所示, 机箱内包含: 控制模块(核

收稿日期: 2012-10-25; 修回日期: 2012-11-19

作者简介: 邓文超(1986—), 男, 江苏人, 在读硕士, 从事飞行控制研究。

心控制板)、输入模块(信号调理板)、输出驱动电路板和电源模块板。上位机与下位机的通讯系统中,采用 RS232 串口进行连接,下位机(控制器)完成各项测控任务并向上位机传送相关数据,上位机(监控计算机)发出起动、停车等控制指令及接收下位机传回的数据并在监控界面进行显示。

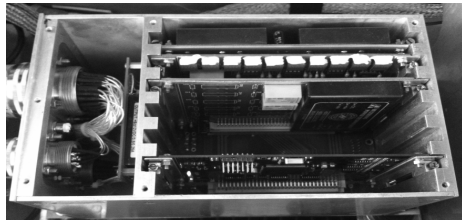


图 3 数字电子控制器外观

1) 核心控制板。

电子控制器中,核心控制(CPU)模块采用以嵌入式 DSP 为核心的结构,主要完成各类传感器信号的采集、数据处理及存储、定时中断、控制量的输出和通讯操作等任务^[5]。

CPU 模块是基于 TMS320F28335 微处理器为核心的。该芯片是一款 TMS320C28X 系列浮点 DSP 控制器,具有精度高、运算速度快、外设集成度高、数据以及程序存储量大、A/D 转换更精确快速等优点,并具有 TI 公司所开发的功能强大的 CCS 软件平台,非常适合数控系统需要复杂运算的应用。实物图如图 4 所示。

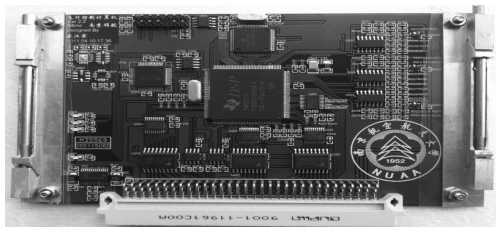


图 4 飞控计算机主板实物照片

2) 输入模块(信号调理)。

由于发动机的起动机在起动时,电流高达几百安培,包括机上其他一些大电流的开关电器,导致了电子控制器的电磁环境异常恶劣。除了采取对控制器进行屏蔽和电源进行滤波等措施外,更重要的是设计合理的信号调理电路来排除干扰。在本控制系统中,信号调理部分需要处理的输入信号包括发动机转速、排气口温度和燃烧室气压。

转速调理^[6]:作为评价发动机性能的主要参数及对试车过程的监控,发动机转速测量很重要。由于所采用的测速电机为三相交流输出(正弦波信号),故设计 F/V 变换调理电路,将其变换为标准电压信号,并输入到核心模块。

温度信号调理:发动机最小及最大转速由风扇后的空气温度限制;所以,风扇后温度也是需要测

量的参数。传感器采用 K 分度热电偶,信号调理采用美国模拟器件公司生产的带冷端补偿的单片热电偶放大器 AD595 芯片。

压力信号调理:为防止发动机喘振,需要对燃烧室气压进行监控。传感器采用抗震性和抗冲击性好的固态压阻式压力传感器,信号调理电路采用仪表放大器 AD620,调理后的信号输入核心模块。

3) 输出驱动模块。

驱动执行机构主要是:直流永磁电机驱动和电磁开关驱动。电机用来带动油泵转动,给齿轮泵提供机械能,通过调节电机转速来达到调节燃油的目的,电机伺服控制电路的设计采用较为成熟的 PWM 直流脉宽调制技术。燃油阀门包括:起动燃油电磁阀、最大燃油电磁阀、主燃油电磁阀,均为+27 V 电磁开关阀,开关驱动电路采用由功率三极管 3DD01 和三极管 3DG130 构成的复合三极管驱动。

4) 电源模块。

数字电子控制器的电源模块电路给控制器提供供电电压,保证控制器主板及各部件能正常工作。供电模块电路采用了标准的模块电源:将输入控制器的+28 V 直流电,变换成±12 V 直流电源(模拟电路电源)和+5 V 直流电源(数字电路电源),经滤波电路滤波后输入到相应模块。

2.2 数字电子控制器的软件设计

数控系统软件设计采用多进程并行结构,进程调度由核心模块的中断管理来实现,从而达到高速实时的设计要求。

2.2.1 控制系统软件结构

根据发动机控制系统层次结构模型以及控制器硬件的设计,对软件设计采用模块化思路,将控制系统的软件设计分为 3 大部分:初始化模块、核心处理模块和接口模块,见图 5。

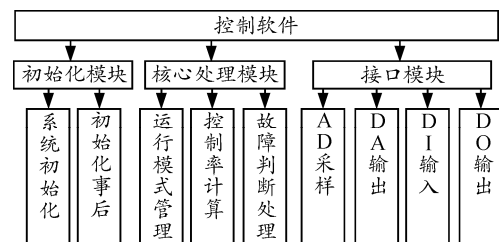


图 5 控制软件结构

2.2.2 控制系统软件流程

控制器中运行的 DSP 程序总体结构上采用定时中断的形式,在中断程序中主要完成状态量数据采集、控制逻辑判断、控制律计算、与上位机通讯和控制量输出,同时运行故障诊断程序以实时监控发动机运行状态。其流程图如图 6。