

飞机发动机转速实时检测与仪表系统的研制

孟凡娟, 姚进, 任德均

(四川大学 制造科学与工程学院, 四川 成都, 610065)

摘要: 介绍一种飞机发动机转速实时检测与仪表显示系统。论述了以单片机 AT89C52 为核心的该系统的数据采集部分的设计思想, 并对单片机和步进电机选用进行了简要论述。系统操作简便、体积小, 性能稳定。主要通过对信号的采集处理与分析, 由单片机对步进电机驱动控制, 实现了由机械显示仪的指针变化来直观的反映转速变化的目的。

关键词: 飞机发动机; 实时检测; 传感器; AT89C52; 步进电机;

中图分类号: TH12 TP2

文献标志码: A

文章编号: 1006-0316(2004)08-0035-04

Development of real-time inspection and instrument system based on aeromotor revving

MENG Fan-juan, YAO Jin, REN De-jun

(College of Manufacturing Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The paper introduces a kind of real-time inspection and aeronautical instrument displaying system of areomotor revving. We mainly discusses the designing approach of system based on chip microcomputer AT89C52. The driver advantages for step motor and single chip microcomputer AT89C52 used in the system are also mentioned. The system acquires signals and makes data processing first, which control stepmotor driving system by using singlechip, then the changes respond on the display unit timely. The system has been finished with the characteristics of small volumes, attainable precision, and strong anti-jamming.

Key word: areomotor; real-time inspection; AT89C52; display unit

飞机发动机的工作状态直接影响飞机的飞行速度、战术性能的发挥。所以在飞行中及时准确了解和控制发动机的工作状态尤其重要, 因此保证飞机在使用过程中发动机转速指示表的稳定性和准确性对于驾驶员的安全是十分关键的^[1]。

我国飞机发动机转速实时检测系统的现状是大部分飞机仍采用“传感器→指示器”的模式, 即传感器作为一台微型三相交流发电机, 指示器类似于一台带指示机构的交流发电机, 最后通过指针指示出发动机的实际转速。此类系统在检测方面具有较高的可靠性, 但在指示方面由于其原理结构模式必然涉及到感应环、平板、轴承、轴等多种因素, 其中任一因素出现问题都会对最终指示产生明显的影响, 因而可靠性并不太高。

本系统采用 AT89C52 为核心的计算机数据采集与控制技术, 解决了在地面模拟飞机发动机工作状态与数据实时采集与传送的矛盾, 实现了对转速变化精确的测量。另外, 使用 AT89C52 单片机不需要在外扩 RAM 和 ROM, 节约了成本^[2],

从而硬件较节省, 具有较高的性价比。

随着飞机性能的发展, 对驱动装置的要求也越来越高。以前所用的直流电机驱动装置结构复杂、可靠性差, 存在变化的接触电阻、噪音等问题, 严重影响直流电动机的调速精度和性能。本文采用 MOTOROLA 生产的 MC3479 集成芯片组成的步进电动机驱动系统取代原有的直流电机驱动装置, 步进电机在其工作频段内, 可从一种运动状态稳定地转换到另一种运动状态, 控制性能好, 启动快, 达到预定位置时可迅速停止, 转速可在相当宽的范围内调节。实验证明, 该系统具有操作简便、体积小、成本低、抗干扰性强和可靠性比较高等优点。

1 转速实时检测系统的技术要求

系统采用了转速指示器工作原理, 采样传感器信号, 正弦波信号经过单相桥式整流、电压比较后变换为矩形波电压信号, 矩形波电压频率信

号进入单片机 89C52 芯片系统, 再进行脉冲采集, 采集到脉冲信号再经过软件处理, 送出到驱动器对步进电机控制, 从而驱动步进电机带动表盘指针指示。系统的技术要求如下:

(1) 输入信号

①旋翼转速磁传感器 传感器距齿轮齿周围气息为 0.5~0.8 mm, 转速为 100~450r/min, 负载为 100k。转速为 100r/min 时, 输出电压不小于 0.7V 转速为 450r/min 时, 输出电压不小于 3.5V。信号频率 $f=n/2.5$, 信号形式: 单相, 正弦波。

②自由涡轮转速传感器 自由涡轮转速传感器为三相发电机, 输出信号形式: 三相, 正弦波, 输出转速: 100~5000r/min, 对应信号频率: 1~83Hz, 信号幅值 60V(相间电压)。

(2) 输出信号

旋翼转速 0.45 /1r/min, 自由涡轮转速 0.45 /10 r/min。

所有 PCB 板叠合高度不超过 90mm, 工作电压 28V

2 检测系统的硬件总体方案

根据系统的检测需求和技术指标, 我们对飞机发动机转速实时检测与显示系统进行了研究与开发, 提出了选用比较典型的 AT89C52 芯片为核心来构造单片机控制系统^[2], 把脉冲信号转换为相应的控制驱动器的 TTL 电平输出。使用 AT89C52 单片机便可代替原来的 CPU8032、EPROM2764 和地址锁存器 74LS373 等, 因为 89C52 内部的 EPROM 和 RAM, 对本系统已满足要求, 选择它很多情况下就不需要在外扩 RAM 和 ROM, 这样就降低了成本, 还可充分的减小制版的面积, 结构设计也精巧了许多。从另一方面来说, 减小制版的面积也就是减少干扰, 提高精度。

在系统的传动控制部分中, 步进电机不能直接连接到交直流上工作, 而必须使用步进电机驱动器。该系统驱动集成电路选用以美国 MOTOROLA 公司生产的 MC3479 为核心的驱动集成电路芯片。MC3479 是一种用于驱动双极方式的两相步进电动机的单片集成电路, 而且也是一种非常实用的步进电动机驱动芯片, 可用于磁盘驱动器、步进电机驱动及机器人驱动装置等^[4]。MC3479 外接元件少, 结构简单, 使用方便, 具有质量轻、体积小等特点, 这有效的提高了系统

的可适用性, 减小了设计和生产该系统的成本, 并为智能仪器的开发开辟了更加广阔的前景^[5]。

2.1 电源模块设计电路

电源电路主要为控制器其它各部分电路提供工作电源。电源电压首先经 DC~DC 变压器降压, 再经整流、滤波及不同的稳压电路之后, 一方面为给定电路提供稳定的设定电压, 另一方面也为比较放大电路、驱动执行电路提供可靠的工作电源。外部信号提供的工作电源电压为 DC28V, 而设计的硬件控制接口工作电压为 DC5V, 因此设计一个电源模块 DC28V 转换为 DC5V, 即 DC~DC 转换电源模块。电源部分的优劣, 直接影响检测设备能否正常工作及被检机件的安全。采用模块化设计, 将被检部件所需电源与检测设备所需电源分开, 从根本上避免了局部故障引起整体故障的发生, 较好的保证了检测系统的安全性。

2.2 信号检测变换电路

本系统所采用的是单向桥式整流电路。桥式整流电路的优点是输出电压高, 纹波电压小, 管子所承受的最大反向电压较低, 同时因电源变压器在正、负半周内都有电流供给负载, 电源变压器得到了充分的利用, 效率较高。

根据以上分析, 参照系统硬件设计框图, 设计出硬件原理图, 主要采用模拟自由涡轮转速传感器和旋翼转速磁传感器的外部正弦波电压信号, 整流后直流电压信号进入 LM339 电压比较器, 将波形的电压信号变换为矩形波电压信号 ($V=0\sim5V$)。为了防止外部与 CPU 干扰, 输出的矩形波电压信号再经过一个 TLP521-1 光电隔离, 然后再一次经过施密特反向 74LS14 整型, 整型后的方波信号进入 AT89C52 单片机 CPU 外部中断 INT 来采集外部的信号, 根据采集到的外部信号进行分析处理, 通过单片机对步进电机驱动控制, 驱动表指针转动相应的刻度来反映速度变化, 从而实现了速度实时检测控制。

2.3 滤波电路

滤波电路用于滤去整流输出电压中的纹波, 一般由电感元件组成。系统采用了 C 型滤波电路, 电容 C 具有平波的作用。本系统采用的电源属于小功率整流电源, 故适合选用电容输入式滤波电路。另外, 系统的负载变动不大, 所采用的电容滤波电路简单, 负载直流电压较高, 纹波也较小。

2.4 比较放大电路（迟滞电压比较器）

这部分电路是整个系统的重要部分，主要是由集成运放组成的迟滞电压比较器。较平滑的直流电压信号进入电压比较器，将带有波形的电压信号变换为矩形波电压信号($V=0\sim 5V$)。系统输入电压由运放的反相端输入，给定电压由同相端输入。当输入电压高于给定电压，运放输出为反向饱和电压。当输入电压低于设定电压，运放迅速翻转，输出为正向饱和电压。

3 系统的软件设计

软件设计思想采用模块化编程思想，根据各个功能设计了以下几个模块化子程序：采集信号子程序，频率计算子程序，除法子程序，乘法子程序，发送脉冲个数子程序，发送某频率方波子

程序，正反转判断子程序，加减速控制子程序，指针返回初始位置子程序，主程序控制模块。采集信号子程序设计是通过外部信号产生中断响应，并设计一个基准定时器来定基准定时，把中断响应和基准定时结合起来，从而可以采集到外部信号的方波周期变化。为了实现表指针平稳转动，设计有一个加减速过程来实现表指针平稳转动，即发送低频率脉冲，然后向高频率过渡，达到一定高频率后再发送低频率脉冲，发送高低频率脉冲是根据步进电机的启动频率和正常工作频率而定，也是根据表指针响应速度而定，程序设计为 100Hz、200Hz、300Hz、400Hz 加减速过程。最后当外部信号停止，设计指针返回零位置子程序功能。

其中两路信号主程序控制流程图如图 1 所示。限于篇幅，具体程序略。

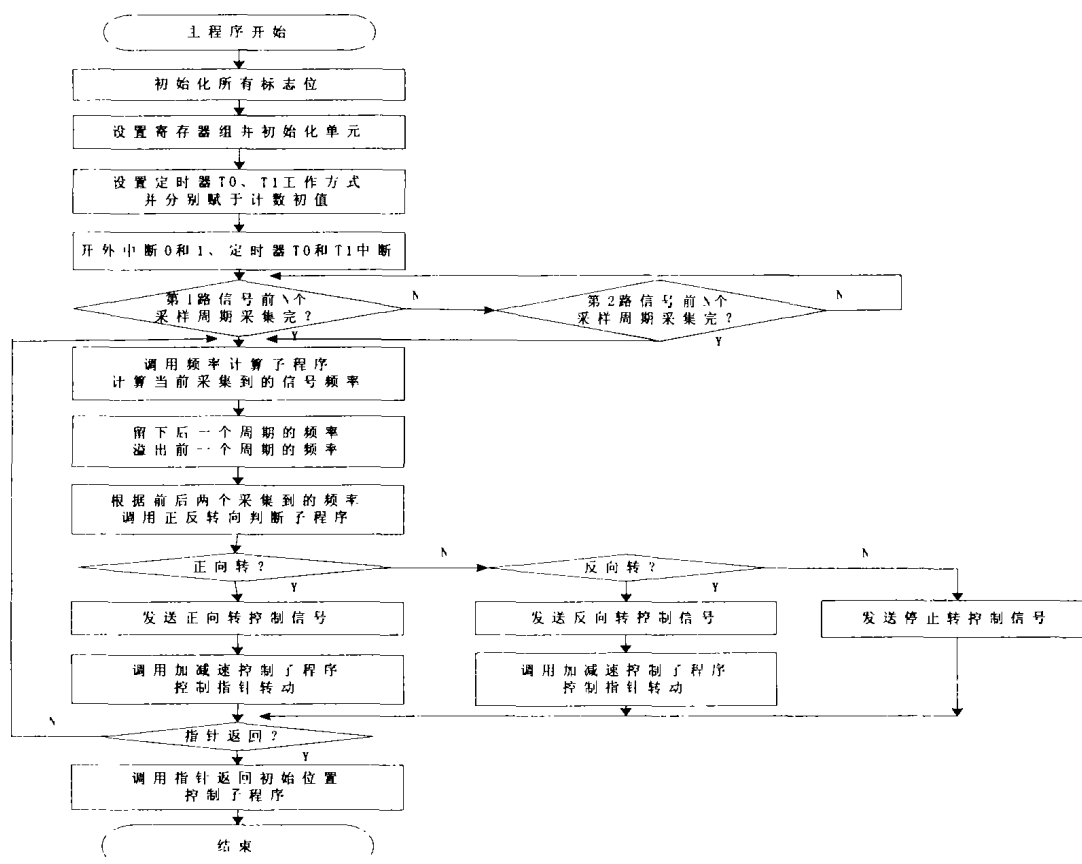


图 1 两路信号控制主程序

4 系统的实验结果与特性分析

先在第 1 路信号输入小于 160Hz 正弦信号，第 2 路信号输入小于 70Hz 正弦信号。改变两路信号的频率，观察表指针转动角度，并给出实验结

果与特性分析：

(1) 两路信号频率初值输入时，表指针启动转动到相应的角度位置，当信号频率不断变化时，表指针转动相应的角度。当停止输入频率信号时，指针自动回零，外部信号重新输入后，则表指针

又转到相应的角度。总之,当改变频率时,表指针就转动相应的角度,当中途按下复位按钮,表指针便暂停在相应的位置,停止按下复位按钮,则表指针继续转动相应的位置。

(2) 两路信号频率的输入是在一定范围内,根据系统的技术要求,对于第1路信号,当转速变化 $\Delta n=1\text{r/min}$,即频率改变 $\Delta f=0.4\text{Hz}$ 时,表指针应转动 0.45° 角度。对于第2路信号的频率: $f=n/60$,范围为 $100\sim 5000\text{r/min}$,计算的频率范围为 $1.67\sim 83.3\text{Hz}$,当频率改变 $\Delta f=1/6\text{Hz}$ 时,表指针转动 0.45° 角度。因表盘刻度有一定范围,为防止外部信号频率变化引起表指针过零或过最大刻度,软件设计为:当两路信号频率变化不在规定的范围内时,若频率突变,则表指针在原位置不动;当频率变化又恢复在规定的范围内时,表指针重新转动相应的角度。

实验结果表明改变频率稍大时,精度达到了控制要求;而当频率改变非常小时,即当频率改变 $\Delta f=0.4\text{Hz}$ 时,表指针转动角度可能在 $0.3^\circ\sim 0.5^\circ$ 范围波动,有一定的误差。误差产生的主要原因是由于频率信号变化很小时产生波动,以及减速机构装置有间隙而引起的。

(上接第24页)

由四杆机构曲柄存在的必要条件来推断,也可说明上述结论。

下面我们再研究, A点选在 OD 延长线附近行不行。

如图3: A点选在偏左侧附近,与前面的推证相仿:

$$\Delta AC_2D \text{ 中 } AD + DC_2 > AC_2$$

也就是 $AD + DC_3 > AC_2$

此时 AC_2 应是曲柄与连杆成一直线的极限位置。显然 AC_2 不可能伸长,也不可能通过 AD 延长线上的 C_3 点。

与前面稍有不同的是:摇杆可能摇动。如果摇杆端点 C 由左极限位置 C_1D 向右摆动时,能够摆动到 C_2 的对称点 C_4 , (C_4 点和 C_3 点关于 AD 线对称)。此时 $AC_4=AC_2$, 已经是拉伸成一直线了,不可能伸长,也就不可能再往右摆动。曲柄再继续转动,摇杆就由 C_4 点向左摆回 C_1 点,也就是只能在 C_1C_4 弧内摆动,实现不了原设计能在 C_1C_2 弧内摆动的要求。

5 结束语

根据系统的具体要求,从实际出发,按上述方法设计研制的飞机发动机转速实时检测与仪表系统已调试完成,实验运行情况良好。并且采用智能化仪表技术,先进的控制技术,单片机技术,机电一体化技术及相关的理论,从根本上来提升传统实时检测系统的技术水平,比较完美的解决了问题。该检测系统体积轻巧,操作简便,能够由显示仪表直接观察发动机转速的变化情况,检测精度比较高,工作性能稳定可靠,为保证驾驶员的飞行安全起到了重要作用。

参考文献:

- [1] 王奇,潘茂庆,惠克翔.飞机发动机参数采集器智能检测设备的设计[J].电机与控制,2003,5(2):45-46.
- [2] 林卫星.基于89C52单片机多功能应用系统[J].工业控制计算机,2002,(2):59-60.
- [3] 邓星钟.机电传动控制[M].武昌:华中科技大学出版社,2001.
- [4] 邹继明,吴红星,刘占先,王明启.电机控制集成电路的选用步进电动机驱动集成电路 MC3479 的应用[J].微电机,2000,33(6):38-39.
- [5] 杨振江,孙占彪,王曙梅,布线涛.智能仪器与数据采集系统中的新器件及应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001:12..

如果将 A 点选在 OD 线右侧附近,同理可推出刚才的结果。

所以,曲柄转动中心不能在 OD 线附近选取。

再进一步观察,只要 A 点的位置在摇杆两极限位置的反向延长线内,即 EF 内均有上面提到三角形出现,也就是说都不会实现预期运动。

综上所述,在曲柄摇杆机构设计中,摇杆两极限位置和其反向延长线范围内,均为禁区。如图3,在 C_1C_2 弧和 EAF 弧内均不能选作曲柄转动中心,这也就是曲柄摇杆机构设计中的禁区。

在圆上“任选一点”作曲柄转动中心的提法显然欠妥,如果摇杆摆动角度 ψ 较大,禁区范围是比较大的,必须引起重视。切忌在禁区范围内选取曲柄转动中心。

参考文献:

- [1] 邓昭铭.机械设计基础[M].高等教育出版社,1998.
- [2] 程光蕴,杨可桢.机械设计基础[M].高等教育出版社,1984.
- [3] 喻怀正.机械设计基础[M].高等教育出版社,1986.