

某大气数据计算机自动测试系统的设计

陈学江¹, 李学仁¹, 沈祝山², 黄其民²

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 空军第一航空学院, 河南 信阳 464000)

摘要:自动测试、通用化是航空测试仪器研制的发展趋势,采用模拟化、数字化、自动测试技术,针对大气数据计算机自动测试系统信号给定电路、信号测试电路、接口电路以及测试系统自检等电路进行了设计,从工程实践出发,成功的解决了自动检测和抗干扰问题,该自动测试系统在航修厂得到了推广使用。

关键词:大气机;模拟量;旋变量;信号给定;自动测试;抗干扰设计

中图分类号:V241.07 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)03-0005-03

1 系统设计

该大气数据计算机自动测试^[1]系统用于向大气数据计算机提供所需各种激励信号(如电源、气压源、给定电信号),并测量其输出信号(模拟量、数字量、开关量,旋变量)是否符合要求。主要由机柜、真空泵、气压源、显示器、键盘、打印机和测试电缆等组成。其中,测试机柜中装有供电电源、标准气压源、计算机主机、电源控制机箱、信号调制机箱和信号测试机箱。其结构如图1所示。

1.1 激励信号设计

1.1.1 总压和静压给定电路设计

标准气压源的工作由计算机通过 IEEE488 接口来控制。计算机通过接口电路从标准气压源自动读取全压和静压值,然后再控制电磁阀改变全压和静压的大小,使送到大气机的全压和静压值符合测试要求。标准气压源不仅可以给定总压和静压信号,而且还能直接给定气压高度、指示空速、指示 M 数、升降速度等气压参数。

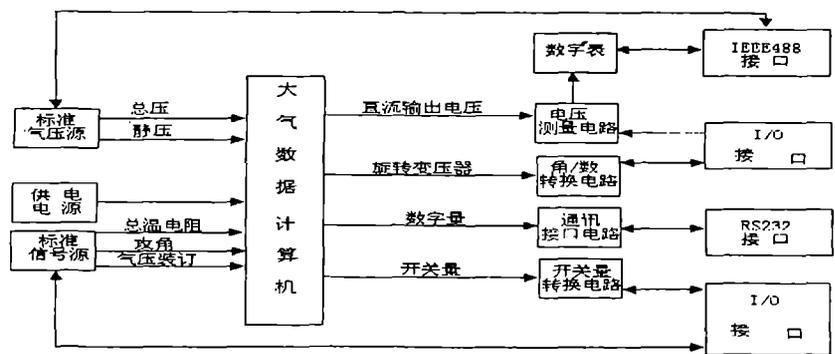


图1 大气数据计算机自动测试系统的结构图

1.1.2 总温电阻给定电路的设计

系统主要采用了电阻阵列:给定标准电阻的基本原理与标准电阻箱类似,不同点有三。一是测试系统所用的电阻阵列是由计算机通过继电器切换来改变电阻值,而电阻箱是由人工转动波段开关的位置来改变电阻值;二是测试系统所用的电阻阵列的电阻可由软件进行智能组合;三是测试系统充分利用了数字表,对电阻阵列输出的总电阻进行监控,若出现误差可进行修正,消除了电阻变化、继电器触点接触电阻对输出电阻的影响。

1.1.3 攻角给定电路的设计

攻角信号由“数/模转换电路”产生。

1.2 信号测量电路的设计

收稿日期:2001-07-16

作者简介:陈学江(1965-),男,河南潢川人,副教授,博士生,主要从事航空检测仪器研究。

大气机的输出可分为四种类型:直流模拟电压、旋转变压器信号、数字量和开关量。

1.2.1 模拟电压测量电路的设计

将待测信号转换到数字表上,在信号数量不多的情况下是很容易的,只需要用继电器切换一下即可。但在大气数据计算机自动测试系统中,需要用数字表测量的电参数信号有一百多个,多数是测量电压。为此在电压测量电路中采取了相应措施:一是继电器通过译码电路来控制,译码电路只有一路有效,避免了多个继电器同时接通。16 路输出的译码电路^[2] 仅需 4 路输入线,64 路继电器仅需 6 路 I/O 通道即可控制,大大节约了计算机接口资源;二是部分低压直流电压信号使用多路模拟开关来转换,两个集成片可以代替 16 个继电器,电路板的面积减小了很多,提高了可靠性。三是对被测信号进行了分类,强信号集中在一块印刷电路板上转换,并在数字表表笔附近使用了隔离继电器,以防止对弱信号产生干扰。

大气数字计算机自动测试系统电压测量电路原理框图如图 2 所示。图中虚线框内的电路做成了一块印刷电路板,测试系统使用了四块同样的电路板。四块板的 A₀ 至 A₆ 线并联在一起,经光电隔离后接 I/O 板的输出端。

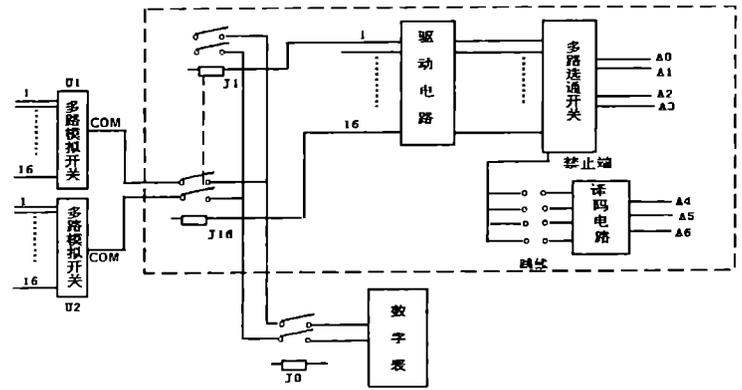


图 2 大气数字计算机自动测试系统电压测量电路原理框图

A₀ 至 A₃ 用于继电器选通,经多路选通开关和驱动电路后,可控制 16 个继电器的通断。A₄ 和 A₅ 用于电路板选择,两根输出线通过译码电路后可输出四个控制码,每块印刷电路板通过选择不同的跳线来获得不同的控制码。控制码决定多路选通开关的通与断。从以上控制关系可以看出,6 根输出线共控制 64 个继电器的通断,而且在任何时候只可能有一个继电器工作。这样不仅节省了大量的计算机 I/O 资源,而且避免了因继电器误动作而引起的短路。

仅使用 64 路继电器是不能满足测试要求的,故测试系统还使用了多路模拟开关,能满足部分信号电压的测试要求,将这部分信号进行分组,同一类型的共地信号分在同一组,每组经过模拟开关转换后,再与上述电路板相连,如图中的 U₁ 和 U₂,可以用 J16 测量 16 路信号电压。如此大大扩展了电压测试电路的容量。

1.2.2 旋转变压器信号测量电路设计

“旋转变压器/数字”转换电路^[3]的作用是将大气机中旋转变压器输出的正余弦信号转换成二进制数字角度量信息^[4]。该“旋转变压器/数字”转换电路的作用是将大气机中旋转变压器输出的正余弦信号转换成二进制数字角度量信息。该“旋转变压器/数字”转换电路主要由微型隔离变压器、高速数字正余弦乘法器、误差放大器、相敏检波、频率整形、压控振荡器(VCO)和可逆计数器等七部分组成。如图 3 所示。

旋转变压器输出的正弦电压接到 S1、S2 端,余弦电压接到 S3、S4 端,S2 和 S3 短接在一起。通过微型变压器后仍为正余弦形式输出电压,其中: $V_1 = KE_0 \sin \omega t \sin \theta$, $V_2 = KE_0 \sin \omega t \cos \theta$ 。 θ

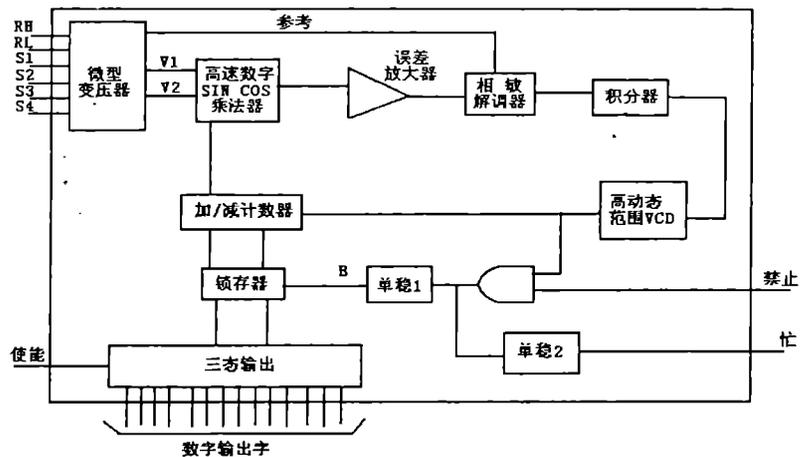


图 3 “旋转变压器/数字”转换电路原理框图

是旋转变压器的轴角, $E_0 \sin \omega t$ 是激磁电源电压。假设可逆计数器现时的代码值为 φ , 则 V_1 乘以 $\cos \varphi$, V_2 乘以 $\sin \varphi$ 便得到: $V_1 \cos \varphi = KE_0 \sin \omega t \sin \theta \cos \varphi$; $V_2 \sin \varphi = KE_0 \sin \omega t \cos \theta \sin \varphi$ 。这些信号经过误差放大后得到: $KE_0 \sin \omega t \sin \theta \cos \varphi - KE_0 \sin \omega t \cos \theta \sin \varphi = KE_0 \sin \omega t \sin(\theta - \varphi)$ 。由相敏检波、积分器、压控振荡器组成的闭环系统可使 $\sin(\theta - \varphi)$ 为 0 (即 $\theta = \varphi$), 当这个过程完成时,可逆计数器的数字量 φ 值就等于旋转变压器的轴角 θ 值,也就完成了对 θ 角的数字化过程。使用以上电路,读取误差不超过 0.05° (16 位),跟踪速度达到 2.5

rps。完全能满足大气机的测试要求。

2 抗干扰设计

2.1 电磁兼容性设计

大气机的输入、输出信号均有大量的模拟电压信号,这些信号极易受到干扰而引起测试误差。而测试系统中的干扰源又不少,如交直流电源,频繁通断的电磁阀,计算机,转换电路中的继电器等。为了减小干扰,测试系统主要采取了以下措施:1) 位置隔离。整个测试系统分为两个机柜,一个机柜装供电电源、计算机和标准气压源;另一个机柜装三个测试机箱。这样,将干扰较大的设备集中在一个机柜内,测试机箱内的信号电路就不易受到辐射干扰。在测试机箱内,也将信号线与电源线、强信号与弱信号,数字信号与模拟信号尽量分开走线,并且将弱信号线尽量集中在上方的机箱,电源线尽量集中在下方的机箱。2) 使用隔离电源、交、直流电源滤波。3) 增加光电隔离。测试电路与计算机之间的每一路输入、输出线均增加光电隔离,防止计算机的干扰通过输入、输出线进入信号电路。4) 电源和弱信号线屏蔽及印刷电路板屏蔽干扰。

2.2 自检测、防差错与保护设计

1) 自检测设计。测试系统所有加到被检机件的电源都经过监控,确保电压正常时才加到被检机件上;所有送到被检机件的电压均进行信号监控,确保信号的准确性;“数字/旋转变压器”转换电路和“旋转变压器/数字”转换电路在自检时构成闭合回路,前者输出,后者读入,相互检测;所有继电器工作情况均可通过发光二极管判断。2) 防差错和保护设计。测试系统对检测插头及电源进行了防差错和保护设计。

2.3 热设计

热设计的重点是通过器件的选择、电路设计及结构设计来减少温度变化对系统性能的影响,使系统能在较宽的温度范围内可靠地工作。

3 结束语

该系统能按照航空修理技术条件,完成4个型号(SS/SC-1、SS/SC-1G、SS/SC-4、SS/SC-4B)的大气数据计算机、ZGZ-3高度组合指示器和ZKM-1空速-M数组合指示器的性能测试。推广使用证明:能在工控机的控制下,自动测试、记录、保存和打印所有测试结果,并采用人工智能的方法分析大气机工作状态,填补了国产大气数据计算机综合化、智能化和高精度检测设备的空白,取得了显著的军事、经济效益。

参考文献:

- [1] 王士元. IBM-PC/XT接口技术及其应用[M]. 天津:南开大学出版社,1995.
- [2] 周永钊,张雷,陈铭. 通用逻辑阵列 GAL[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1998.
- [3] 中国航空工业总公司第716所. SXZ系列旋转变压器/数字转换模块说明书[R]. 连云港:中国航空工业总公司第716所.
- [4] 王中心,王申声. 旋转变压器/数字转换模块及其ISA接口电路的设计[J]. 电子技术应用,1999,(4):60-62.

(编辑:姚树峰)

Design of a Certain Atmosphere Data Computer Automatic Testing System

CHEN Xue-jiang¹, LI Xue-ren¹, SHEN Zhu-shan², HUANG Qi-min²

(1. The Engineering Institute, Air force Engineering University, Xi'an 710038, China; 2. The First Aeronautical Institute of Air Force, Xingyang 464000, China)

Abstract: Automatic testing and universality are the trend in the developing of aeronautic testing instrument. The circuitry of signal feeding circuit, signal testing circuit, interface circuit, testing system automatic check of atmosphere data computer automatic testing system was designed. And the problems such as automatic testing and anti-jamming are solved successfully in the engineering practice.

Key Words: atmosphere data computer; analog signal; transforming signal; signal feeding; automatic testing; anti-jamming design