

文章编号:1674-2869(2011)01-0104-03

# 电位器输出平滑性自动测试系统的设计

钟书辉<sup>1</sup>,王春梅<sup>2</sup>,陈伟汉<sup>2</sup>

(1. 中国空军空导弹研究院,河南 洛阳 471009;  
2. 武汉工程大学智能机器人湖北省重点实验室,湖北 武汉 430205)

**摘 要:**为了实现对电位器输出平滑性参数的高精度、高自动化测试,利用运动控制技术和虚拟仪器技术,设计实现了一种电位器输出平滑性自动测试系统.首先介绍了测试系统的总体设计方案,然后分别给出了硬件和软件实现方法,硬件部分由运动控制卡来实现闭环控制,AD 卡实现数据采集,而软件部分借助 LabVIEW 平台实现.测试结果表明,该系统能够达到某军标要求,满足实际工程应用提出的测试要求,具有较高的实用价值.

**关键词:**电位器;输出平滑性;测试系统;运动控制;数据采集;LabVIEW

**中图分类号:**V448.25      **文献标识码:**A      **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.01.026

## 0 引 言

电位器是一种工作状态与其移动触点和电阻体的相对位置有关的机电转换元件,当引出端外加电压时,它能高精度的输出电压,该输出电压是外加电压和转轴位置的某种函数.当前,精密电位器在控制系统、电子电气设备、航空航天等技术领域获得广泛应用,其各项性能都会影响仪器设备及其控制系统的精度,甚至会影响它们的正常工作.电位器的输出平滑性是一个重要参数,它包含了输出中的接触电阻变化、分辨率及其它微小非线性等因素.目前国内研制的测试仪器多为模拟式测试仪器,由于自身设备精度不够,对平滑性参数无法准确测量而不能满足实际工程需要,因此,很有必要设计一种高精度的电位器输出平滑性自动测试系统.

由此设计了一套测试系统,该测试系统能够对高精度的电位器输出平滑性参数进行自动化测试.

## 1 总体设计

电位器能够对角位移的变化进行电压形式的反馈.电位器的输出平滑性是输入信号中不存在而在电气输出中出现的杂散变化,以总外加电压的百分数表示,并且在规定的理论电气行程内按规定的行程增量(规定的行程增量为有效电气行程的 1%)进行测量.按《非线性精密电位器总规

范》(国军标<sup>[1]</sup>)要求可得测试电路原理如图 1 所示.

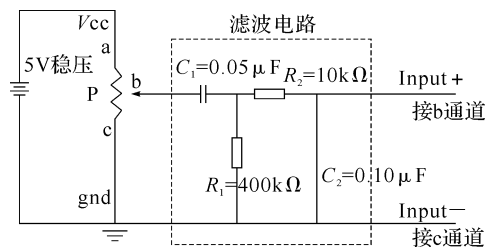


图 1 输出平滑性测试电路

Fig. 1 The output smoothness of the test circuit

由图 1 可知,测试系统的实现:电位器 a、b 端外加 5 V 稳压,此时控制动触点 b 以 4 转/分滑动,采集动触点 b 和接地触点 c 之间经过滤波电路后的电压  $U$ ,同时反馈电位器触点 b 的旋转角位移,这里总的外加电压表示为  $U_{ac}$ .

硬件部分设计思路:采用运动控制卡带动电机旋转,电机与电位器的轴用弹性联轴器连接,电位器的轴以恒定速度为 4 r/min 旋转,旋转同时反馈角度变化<sup>[2]</sup>,运用 AD 卡采集连续电压  $U$ ,得到角位移与电压之间变化曲线.软件部分设计思路:采用 LabVIEW 编程实现设备初始化、电机控制、电压采集、数据分析、数据保存和图形化显示等功能.

### 1.1 硬件设计

测试系统硬件框架如图 2 所示,主要由工业计算机、高精度伺服电机、DELTA TAU 公司的运动控制卡、NI 公司的采集卡、高精度的 5 V 线性稳

压电源组成. 硬件部分主要功能由运动控制单元和数据采集单元实现.

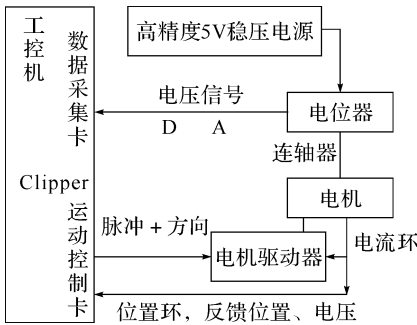


图 2 测试系统硬件框架

Fig. 2 The test system hardware architecture

1.1.1 运动控制单元 采用美国 DELTA TAU 公司的 clipper controller 控制器,它能够提  
供至少 4 轴的伺服或步进电机的运动,每一轴通  
道都有脉冲加方向数字量输出、3 通道差分 and 单端  
编码器输入、PID/伺服运动算法. 采用日本安川  
SGMJV 旋转型电机,设置控制模式为脉冲加方向  
控制,编码器规格 20 位增量型,设编码器反馈分  
辨率为 65 536,测试精度最高能达到  $360^{\circ}/$   
 $65\,536\approx0.005\,5^{\circ}$ ,误差为 0.01%,位置环能够实  
现精确位置定位. 运动控制器和伺服电机形成位  
置闭环(如图 2 所示),PID 调节可进行误差补偿.  
为了达到高精度的测试标准,电机和控制器的选  
型显得尤为重要,这直接关系到电位器的轴旋转  
的精度,如果运动控制单元精度达不到规定的要  
求,就会造成位置和电压信号对不上,那么绘制出  
来的曲线就会有很大的误差. 该单元的工作原理:  
工控机发送控制信号给运动控制卡,运动控制卡  
输出脉冲加方向信号,电机驱动器收到信号驱动  
电机连续转动,同时编码器反馈位置和速度给工  
控机<sup>[3]</sup>.

1.1.2 数据采集单元 采用 NI 公司 6259 卡  
进行高速数据采集,其具有 32 路模拟输入口,采  
样率达到 1.25 MS/s,完全能够达到采样要求. 电  
位器的轴连续旋转的同时,6259 采集滤波后的电  
压,当电位器的轴以 4 r/min 旋转时,可测得旋转  
一圈的电压数据,一圈需要 15 s,测试结束可得到  
一条位置电压曲线.

5 V 线性稳压电源的选用也是本系统设计的  
重点,由于受测试精度的制约,加在电位器两端  
的 5 V 直流电源也必须有很高的精度,要求有很  
小的纹波,本测试系统选用的线性稳压电源的纹  
波要求小于 1 mV.

1.2 软件设计

软件是系统的大脑,它将各个部分的功能紧

密的联系在一起,使其相互协调进行数据交换. 通  
过强大的图形化编程功能,设计出友好的人机交  
互界面.

图 3 所示为测试系统软件框架<sup>[4-6]</sup>,分为三大  
模块. 模块 1 是测量数据之前的准备:初始化运  
动控制卡和数据采集卡,设备正常之后会显示正  
常状态,此时可录入被测电位器的基本信息,以便  
保存后留用. 电机运动的旋转参数可设.

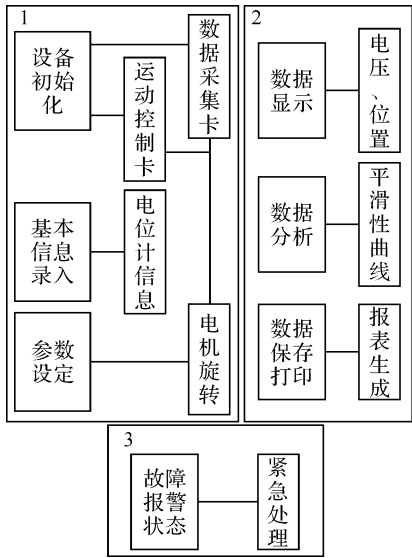


图 3 测试系统软件框架

Fig. 3 The test system software architecture

模块 2 是测试、分析和保存数据:电机的运  
动主要由 LabVIEW 调用运动控制函数来实现. 首  
先让电机旋转的同时采集电压,直到电压接近 1 V  
为止,此时把 1 V 左右的位置作为采样开始点,这  
样做的目的是让电位器的轴旋转多于一圈,以便  
更好地观察电位器在一圈内的电压变化规律. 然  
后进行输出平滑性的测试,电机按 4 r/min 的速  
度连续旋转,同步进行电压的采集,运动大于一  
圈( $420^{\circ}$ )结束,得到一系列采样点,绘制成图 4  
所示的位置电压曲线. 同时把得到的数据保存  
到数据库中,以便打印和备份用.

模块 3 是状态监测:实时监测运动控制卡、数  
据采集卡通信状态,监测电机运行状态,以便出  
现故障时紧急处理<sup>[8]</sup>.

2 数据分析

此次采用某型角位移电位器进行实验,通过  
计算图 1 的滤波电路可得滤波后噪声的带宽主  
要集中在 50~500 Hz,设置当前采样率为 1 000  
点/秒. 如图 4 为得到的输出平滑性曲线. 由图 4  
可以看出,当电位器旋转超过一圈时,电压会存  
在一个跳跃,这段跳跃是由于电刷正好旋转到  
空的位置,

脱离电阻体轨道,此时数据采集卡采集的电压会存在从有到无的过程,当电位器的轴继续旋转时,由于电位器的端头存在固有的角度,也会形成一段电压几乎不变的曲线,这段曲线的长度等效于端头的角度,是电刷脱离轨道的过程。

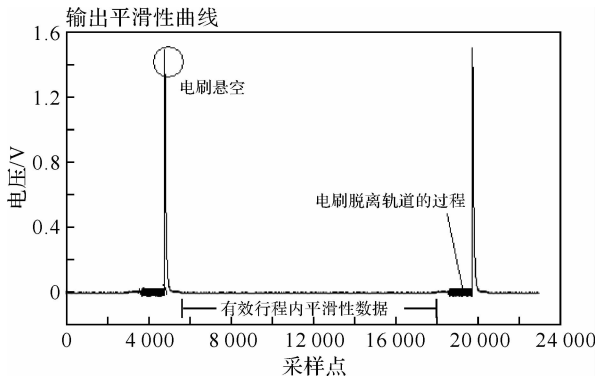


图 4 输出平滑性曲线

Fig. 4 The output smoothness of the curve

图 5 为经过滤波电路后采集一圈的有效行程上的电压曲线,可以看出滤波后的曲线是一段直流分量,通过该段曲线可以看出电位器的电刷在以 4 r/min 滑动的过程中产生的噪声,该平滑程度直接反映出了电位器的接触电阻、分辨率及一些其它非线性因素的变化。

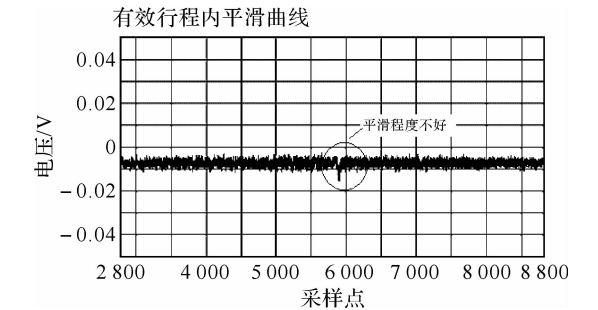


图 5 有效行程内输出平滑性曲线

Fig. 5 The curve of the effective electrical travel

由图 5 可以看出,当前所测试的电位器电刷滑动到接近中点的位置,出现了向下一段拐角,如图中圆圈出来的位置,该段拐角的距离和所在的相对位置也可算出,出现拐角的度数大约  $2^{\circ}$ ,出现的位置大约  $150^{\circ}$ ,反复实验后,该位置仍然出现该问题,此时得到 1% 有效行程增量内峰峰值为 0.015 V,可算得输出平滑性的值约为  $0.015/5 = 0.3\%$ ,超出标称小于 0.1%。再拿同批次其它电位器进行测试,无当前现象。这说明了当前电位器的

轴在滑动到这个位置的时候出现了问题,也反映了本测试系统完全能够用于电位器输出平滑性参数的测试。

通过多次实验证明:与其它测量方法相比,采用运动控制卡控制电位器的轴旋转,能够达到高的精度要求,测试精度越高,越能发现电位器的轴在转动过程中的噪声问题。采用 LabVIEW 底层模块进行数据采集,简化了数据处理流程,图形化编程和现代运动控制技术的结合提高了系统自动化程度。

3 结 语

以上设计实现了一种电位器输出平滑性自动测试系统,系统采用运动控制卡控制电机高精度旋转,数据采集卡实时采集电压,基于 LabVIEW 的图形化编程使用户更简单明了的操作该测试系统。经实验证明该测试系统完全可以运用于电位器的输出平滑性参数的测试,能够满足实际工程需求,有利于筛选高质量的电位器,有利于高精度电位器测试系统的研制和推广。

参考文献:

[1] 国防科学技术工业委员会. GJB 1865-94 非线性精密电位器总规范[S]. 北京:1994.

[2] Liu Liu, Yong Li. PMAC-based Tracking Control System for 8-axis Automated Tape-laying Machine. Chinese Journal of Aeronautics, October, 2009, 22 (5):558 - 563.

[3] 胡晓亮,刘亚斌. 基于虚拟仪器和 PMAC 的数采系统软件设计[J]. 微计算机信息,2006,22(9-1):21 - 23.

[4] 缪向水,胡用时,李佐宜等. 无触点磁敏电位器自动测试仪研制[J]. 传感技术学报,1994,7(2):55 - 57.

[5] 仇斌,鲍其莲. 基于虚拟仪器的电位器自动检测系统的研制[J]. 测控技术,2006,25(6):19 - 21.

[6] 荣方. 基于 LabVIEW 的电位器线性度性能测量系统的研制[J]. 苏州大学学报,2009,6(29):70 - 74.

[7] 吴珊,毛旭耀,吴德发. 一种水压比例同步控制系统的研究[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(11):94 - 96.

[8] 熊大为,廖冬初. BP 网络在感应电机逆系统中的模拟与仿真[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(5):91 - 93.

(下转第 110 页)