

# 高精密继电器测试系统的设计与研究

Design & Research of highly Accurate Relay Measuring System

蒋先刚 陈剑云 (南昌华东交通大学交通信息工程与控制研究所 330013)

**摘要:**介绍基于微机和 A/D 采集卡的高精密电磁继电器测试系统设计的基本原理和技术,通过高精密系列继电器测试系统的设计实例,对系统的硬件构成和高精确定时及测试数据处理的软件设计技术进行了研究。

**关键词:**A/D 卡 高精确定时 继电器

## 1 概述

继电器是当输入量(或激励量)满足一定条件时能在一一个或多个电器输出电路中产生跃变的一种器件。继电器在工程设备中的主要作用是能用较弱的信号控制较大电流电路的接通和断开并提供一定的时序控制。电磁式继电器是机械和电气结合的电子元件,其断态的高绝缘电阻和通态的低导通电阻使得其具有特殊的电气性能。电磁继电器的性能受其结构、材料和生产工艺的影响而表现出一定的变化范围,在一些重要仪器安置继电器之前,必须对其进行有效的测试、筛选。传统的手工测试方法只能测量出继电器的少数性能参数,而对时间、环境等要求比较高的精密继电器则无能为力。故对于一些高精密仪器所使用的继电器的测试和筛选必须采用基于计算机的测试系统,因为这些继电器的吸合时间和释放时间的测试精度都是微秒级的,而触点接触电阻的记录也是毫欧级的,同时多线圈多触点的继电器性能的测试还要测试微秒级的动作时序。

## 2 高精密电磁继电器测试系统的硬件

### 构成与作用

本文介绍的继电器测试系统基于 Windows 98 /Windows 2000 操作系统,其软件开发平台为 Delphi 6.0,数据库为 Paradox,数据库引擎为 Borland 公司的 BDE。继电器微机测试系统的硬件构成如图 1 所示,其硬件包括选用多媒体电脑、打印机、电源、数据采集卡、隔离传感器和设计制作输出满足规定条件的激励源、数据采集取样、切换和调理电路、测试面板、被测继电器座的切换电路等。

继电器测试系统用于测试系列的 006 型、012 型和 027 型三种超小型密封直流电磁继电器。系统包括微机和测试仪两部分,它们之间通过采集卡 AC6115 来传递 A/D、D/A 和 I/O 信号。

继电器测试系统包括各种测试任务和相应的菜单。在继电器测试指标框中需选择待测继电器的技术指标。该系统主要测试上述三种品种继电器的四种指标。它们分别是:

(1) 线圈参数,包括线圈额定电压、线圈电流、线圈电

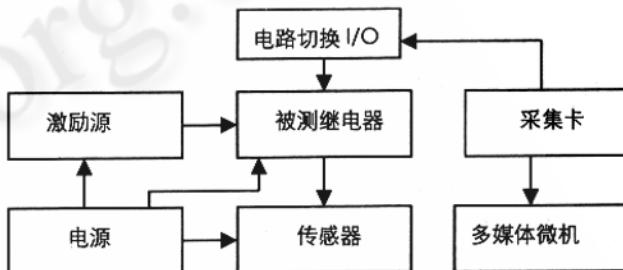


图 1 高精密电磁继电器测试系统硬件构成图

阻、吸合电压和释放电压;

- (2) 动作时间,包括吸合时间和释放时间;
- (3) 常闭电阻,包括 7-5 触点电阻和 2-4 触点电阻;
- (4) 常开电阻,包括 7-1 触点电阻和 2-8 触点电阻。

该系统的测试指标包括:

- ① 线圈电压,测试精度: 0.1V。
- ② 线圈电流,测试精度: 1mA。
- ③ 线圈电阻,测试精度: 1Ω。
- ④ 吸合电压,测试精度: 0.1V。
- ⑤ 释放电压,测试精度: 0.05V。
- ⑥ 动作时间,测试精度: 0.02ms。

⑦ 触点接触电阻,测试精度: 0.1mΩ。点击“接通电源”则系统电源接通,同时该按钮显示为“断开电源”,再次点击该按钮则系统的电源关闭;点击“线圈初始化”则对待测继电器线圈进行初始化,注意:只有经过初始化的继电器才可以进行下面的测试;点击“开始测试”按钮则根据所选测试继电器品种和测试指标进行测试;点击“清除结果”按钮则此次测试结束,将板卡和各种数据变量初始化并进入下一个新的继电器的测试;若要进入数据库管理模块,则可点击“数据管理”按钮就可以了。

## 3 高精密继电器测试系统的软件设计

### 3.1 各种定时器技术的应用和比较

软件系统中的定时功能的合理设计对于提高测试系统

的设计效率和测试结果的精确性具有很大的决定作用,而对于精确到微秒级的需测试吸合和释放时间的继电器测试系统,其精确定时的软件功能的设计更是保证测试精度的关键一环。

(1) Delphi 提供的 TTmer 控件的使用。Delphi 提供的 TTimer 定时控件在对定时精度要求不高的场合是一个最佳的选择。它与 Sleep() 函数的配合,主要用于测试曲线的动态显示,DA 输出时序的波形控制等。但由于 Windows 是一个多任务的操作系统,TTimer 定时控件是通过调用 API 的定时器,其精度都会受到其他很多因素的干扰,它的时间最小只能精确到 55 毫秒,一般它的误差都在 5~10%,故不能用于精确定时。

(2) 多媒体计时器和高性能频率计数器的使用。高精度定时器是数据采集和实时控制必不可少的手段。由于多媒体定时器是在独立的线程中运行,不会受到其他程序的影响,可以用作比较精确定时的测试情况下,它的最小定时间隔为 1 毫秒。多媒体计时器法的误差一般都在 1% 以下。在程序设计中需包括 mmSystem.pas 单元。

应用多媒体定时器进行吸合电压 AD 采样的部分程序段如下:

```
proTimeCallBack:TFNTTimeCallBack;
procedure TimeProc ( uTimerID, uMessage: UINT;
dwUser, dw1, dw2: DWORD) stdcall;
Begin //调用 AC6115 卡的 AD 采样而测试吸合电压
AC_6115_AD(datamodule.Driverio,datamodule.IDof-
card[1],80,2,5,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
DrawVoltage, 2048);
End;
```

多媒体定时器同时也是产生独立线程事件的函数,因此它基本不受系统其他程序、线程和消息的干扰,即能提供较高的时间测试精度。

而通过 QueryPerformanceCounter() 和 QueryPerformanceFrequency() 函数的应用可以获得系统的高性能频率计数器在一毫秒内的震动次数,并由此得到更加精确的定时器。用高性能频率记数法比较适合某些耗时十分短的测试过程,同时它在理论上可以达到微秒级别。采用高性能频率记数法的误差都在 1% 以下。

当然,时间事件一般要越短越好(如小于 10 毫秒,合格的民用和军用继电器的吸合时间一般都不大于 10 毫秒),不然的话系统时间很难保持同步和协调。对于大多数测试系统这个时间段内有足够的余地来完成读取端口、储存数据、简单计算和绘制线条。这个时间段内应尽量减少可视化操作和大量的数据计算,其 A/D 板卡尽量选择具有 FIFO 功能的。

(3) 数据采集卡上记数器和定时器的使用。通过硬件的计数和定时功能来测定时时间是最为精确的测时方法。

AC6115 提供一个 16 位多功能计数器,它能完成计数、测频、脉冲宽度测量等功能,测量时间为 1~65535 微秒。通过设置计数器的值为 2 和定时器初值,并在自行设计的测试电路中,设置送吸合电压和触头联通时输入方波上升沿脉冲而读取定时器数据就可测出吸合和释放时间,用这种方法的缺点是增加了电路设计的复杂性。

(4) AC6115 采集函数的定时器与独占线程定时器控件的合理配合。基于单片机的测试系统具有非常好的精确记时的功能,但其操作方便性和数据处理能力比较差。DOS 操作系统是一个单任务单线程的操作系统,比较适应作非常精确定时的测试系统的操作平台,但在这个平台上设计的程序操作复杂,数据共享能力差。Windows 是一个多任务多线程的操作系统,一般来说,它不适应作需非常精确定时的测试系统的操作平台。为了正确地反映测试时间的精确性,必须在短时间内限制多任务。设计的定时器必须控制整个计算机的消息和资源,并在它的时间事件后再将控制权交给操作系统和主程序。现在有许多已开发的时间定时器控件可下载。网上免费提供的 Z\_Timer 定时控件能提供 100 微秒的定时间隔,且精确度达到 0.015 毫秒,并提供控件的源程序供使用者继续完善。该控件的可靠性和独立线程功能也非常好。这给良好用户界面的多任务 Windows 操作系统提供一个软件方法高精度定时的途径。在该系统的设计中通过该定时器的使用,节省了一定量的硬件电路设计。我们主要应用这个控件的短时独立线程的功能,使得在它的时间事件发生过程中短时停止其他程序、线程和消息的运行和发布。而在一个时间事件中快速测试吸合电压和释放电压等。

AC6115 的 A/D 采样函数为:

```
int AC_6115_AD(HANDLE port, unsigned long board_
id, int ad_timer, int start_ch,
int end_ch, int ps, int trigger_si, int clk_si, int
trigger_pol, int clk_pol, int sam_mode,
int dif,unsigned long * Data,int Size)
```

函数中的各变量解释如下:

port: 驱动句柄

board\_id: 要操作的 AC6115 插卡 ID 由 AC\_6115\_INIT 获得

ad\_timer, /10~65536, 4M 的时基, 每个数表示 0.25uS 的时间长度

start\_ch, /0~7, 采样起始通道号

end\_ch, /0~7, 采样停止通道号

ps, //表示模拟输入的电压范围, 用 0~3 分别表示 0~5V、0~10V、±5V ±10V

trigger\_si, //触发方式选择, 用 0~1 分别表示软件/硬件触发, 0~软件 1~硬件

clk\_si, //采样时钟的选择,0—使用内部时钟 1—使用外部时钟

trigger\_pol, //触发极性选择 0—上升沿触发 1—下降沿触发

clk\_pol, //时钟极性选择 0—上升沿 1—下降沿

sam\_mode, //采样方式选择 0—普通采样模式 1—采样/保持模式

dif, //模拟输入选择 0—单端模式,1—差分模式(信号+、信号-、信号地),

\* Data, //回传的数据缓冲,数据类型是无符号长指针  
Size //回传的数据的长度

该函数返回值为:0—表示采样正确;11—表示参数有误。

应用该定时控件的事件的测试吸合电压和释放电压的子程序如下:

```
Procedure TMainForm.DrawTimerTimer(Sender: TObject);
```

begin //该定时器保证该测试工作为唯一的线程在运行

Datamodule.HdII := Loadlibrary('acpci.Dll');

if Datamodule.HdII<>NULL then

begin

if ( Int ( Datamodule. HdII ) < 31 ) then  
Showmessage('动态链接库调用失败!')

else

begin //测试 AC5115 板卡是否存在

if (AC\_OpenDriver=NULL) then Showmessage('AC\_OpenDriver 不存在!')

else

Datamodule.Driverio := AC\_OpenDriver();

end; end; //板卡转换时间为  $0.25 * 80 = 20$  微秒,  
测试 2~5 的 4 个通道。

AC\_6115\_AD(Datamodule.Driverio, Datamodule.ID\_ofcard[1], 80, 2, 5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, DrawAllTime, 2048); //全部数据为 2048,每通道测有  $2048 / 4 = 512$  个数据,

DrawTimer.Enabled := false; //一共监测的电压波形的时间为  $512 * 20 = 10240$  微秒。

VoltageTimeFormShowButton(Sender); //显示测试得到的 10240 微秒内触点的电压曲线

end; //由后向前计算电压的突变点数,注意回跳时间也包括在内,每一点表示 20 微秒。

### 3.2 吸合电压和释放电压的测试

继电器的吸合电压和释放电压的测试方法有两种,一种

是直流法,一种是脉冲法。考虑到软件设计的方便性,我们采用直流法,既绕组电压是渐变上升或下降的。通过 DA 输出加在绕组上的电压波形如图 2。而用 AD 采集相关线圈和触头的电压和导通动作,一当继电器吸合就记录下吸合电压值并让 DA 以这个值保持 0.1 秒,然后升到额定电压后保持 0.1 秒,然后以斜线的方式降压,并用 AD 记录继电器触头释放的电压值,并继续降压归零。

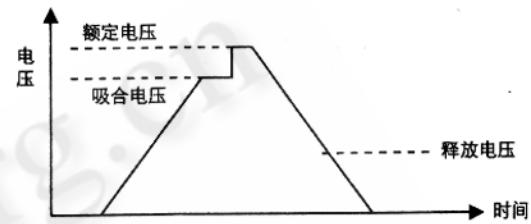


图 2 继电器绕组加电波形图

AC6115 的 DA 输出函数如下:

```
int AC_6115_DA ( HANDLE port, unsigned long board_id, unsigned long chn, unsigned long da_data)
```

函数中的各变量解释如下:

port: 驱动句柄

board\_id: 要操作的 AC6115 插卡 ID

da\_mode0: DA0 输出的电压范围选择(0,1); 0:0~10V / 1: ? 10V

da\_mode1: DA1 输出的电压范围选择(0,1); 0:10V / 1: ? 10V

chn: 选择的 D/A 输出通道(0,1), 共两个通道

da\_data: D/A 输出的数据(0~4095)

该函数返回值为:0 表示操作成功;10 表示参数错误。

如按时间段输出不同等级电压波形的源程序如下,电压到吸合和额定值的保值阶段由 AD 测试得到并恒定 DA 输出一段时间达到:

begin // Time\_Count 控制电压波形输出的区间段的步长,不同区间输出不同的电压值

if (Datamodule.Time\_Count<=20) then

Datamodule.OutV := Datamodule.OutV + 1;

Else begin

if (Datamodule.Time\_Count>=80) then

begin Datamodule.OutV := Datamodule.OutV + 3; end

else Datamodule.OutV := Datamodule.OutV + 5;

end;

AC\_6115\_DA\_MODE(Datamodule.Driverio, Dat-

```

amodule.IDofCard[1], 0, 0);
//DA 输出 0 通道, 使用 0~10V 输出
AC_6115_DA(Datamodule.DriverIO, Datamod-
ule.IDofCard[1], 0, Datamodule.OutV);
End //具体输出到线圈上的电压值还需配合电路板
上的比较器电路来调整

```

### 3.3 其他测试技术问题的讨论

#### 3.3.1 转换时间逻辑关系的确定

测试系统不但要测试继电器线圈的电压和触点电阻,对于多组触点的继电器,还要测试它的吸合和释放的时间顺序。转换时间包括吸合转换时间和释放转换时间。对吸合转换时间而言,继电器在吸合过程中,静合点断开时间与动合点吸合时间之差称为吸合转换时间。转换时间是保证继电器触点的先断后通的一个重要参数,在多线圈多触点的继电器中,应该在最后一组静合点断开后,才能有动合点闭合。如果在一组触点中出现先通后断的情况,既所谓的三点连通,就会在使用过程中会造成比较严重的后果,如导致电源的瞬时短路或信号的瞬时短路。由于转换时间的测试需要对多组触点同时测试,因此,在购买 AD 板卡时需采用具备并行采样模式的 AD 卡,这样比较能反映实际的电路状态触点运动时序,保证继电器触点满足合理的逻辑联通关系。

#### 3.3.2 回跳时间的测试

通过分析测试到的吸合时间或释放时间与电压的数据和曲线,就会发现吸合或释放过程的电压曲线在发生跳跃前有一个震动过程,即触头的接通和断开的短时交替过程。我们称这个过程为回跳时间。回跳时间包括吸合同跳时间和

释放回跳时间两种。继电器是采用弹性的机械触点完成线路的接通和断开的,当继电器的触点接通或断开的瞬间会有非常短的不稳定的接触期。继电器的回跳时间同静态接触电阻参数一样,反映了继电器的触点压力。当继电器的触点压力减少时,其回跳的时间会变长。而随着接触点压力的减少,其触点间的静态接触电阻也会变大。经测试的继电器的接触电阻值和测试的吸合时间或释放时间与电压的关系曲线具体地反映着这些关系。我们也可以从这些数据和曲线关系中判断测试结果的正确性和被测试继电器的老化和疲劳程度。

## 4 结束语

基于微机和 AD 板卡的继电器测试系统测试精度较高,经该系统检测的继电器的参数比较实际地反映了其产品性能,测试结果可靠。在该系统的基础上可迅速扩展其为集批量继电器测试和老化处理为一体的网络化测试系统。

## 参考文献

- [美]Steve Teixeira Xavier Pacheco 著,任旭钧译, Delphi 5 开发人员指南,机械工业出版社,2000.3。
- 张用,继电器电路逻辑设计[M],天津科学技术出版社,1989。
- 李维,Delphi5.X 分布式多层应用系统篇[M],机械工业出版社,2000。
- 蒋先刚,Delphi 在工业测控中的应用[J],计算机工程与应  
C《计算机系统应用》编辑部 <http://www.c-s-a.org.cn>