

交流继电器动作时间检测技术的研究

杜太行, 王京保, 孙曙光, 徐晓颖

(河北工业大学电气与自动化学院, 天津 300130)

摘要: 在交流负载下, 继电器的动作时间等时间参数的测量方法受到人们的关注, 本文阐述一种利用计算机数据处理技术, 对检测到的触点电压求取导数, 计算交流电压峰值, 通过峰值的变化判定触点状态进而计算继电器动作、释放等时间参数的原理与实现方法。该方法在自行设计的继电器电寿命试验设备中应用, 效果良好。

关键词: 继电器; 交流负载; 时间参数; 计算机检测技术

中图分类号: TM581.5 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)20-0025-03

0 概述

电磁继电器从线圈加电到触点动作, 期间发生一系列的电磁过程和机械运动过程。这些过程使得在继电器触点闭合、打开时, 存在各种时间, 如动作时间, 释放时间, 触点回跳时间, 动态接触电阻(抖动)时间, 转换时间, 参差时间等。这些时间统称为继电器的时间参数。

继电器的时间参数过大, 对被控制电路有较大的影响。在一些特殊的场合, 对继电器时间参数有严格的要求。因此, 继电器时间参数检测技术与检测方法的研究非常重要。

1 继电器时间参数与传统检测方法

1.1 继电器的时间参数

继电器触点根据转换过程, 可以分为常开触点、常闭触点和转换触点。根据 2001 年颁布的 IEC 60050-444 标准, 继电器各种时间参数定义见图 1。

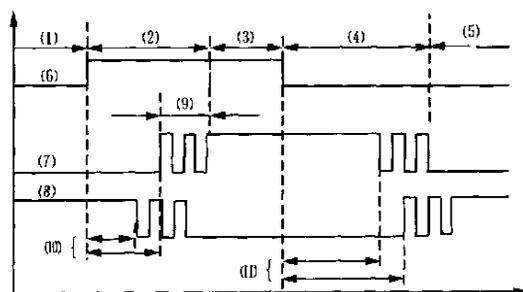
时间参数定义如下:

吸合时间: 处于释放状态下的继电器, 在规定的条件下, 从施加输入激励规定值的瞬间起至触点切换瞬间止的时间间隔。

释放时间: 处于动作状态(终止状态)的继电器, 在规定的条件下, 从施加输入激励量(特性量)规定值的瞬间起至继电器触点返回时的瞬间止的时间间隔。

触点回跳时间: 对于正在闭合(或断开)其电路的触点, 从触点第一次闭合(或断开)的瞬间起至触点电路最终闭合(或断开)的瞬间止的时间间隔。

动态接触电阻(抖动)时间: 触点闭合或断开时, 碰撞而产生的跳动不足以完全达到断开电路, 而



注: (1)、(5)为继电器释放状态, (2)为继电器动作, (3)为继电器动作状态, (4)为继电器释放, (6)为继电器激磁电压波形, (7)为常开触点电压波形, (8)为常闭触点电压波形, (9)为弹跳时间, (10)为动作时间, (11)为释放时间。

图 1 继电器时间参数定义

Fig. 1 Definition of relay's time parameters

仅产生由于触点压力变化而引起的接触电阻的变化, 从而引起电路电流的不规则抖动的时间间隔。

转换时间: 先离后合触点组中, 从闭合触点断开到断开触点闭合所需的时间。

参差时间(接触不同时): 同一继电器中同类型触点组动作时间的最大差值。

1.2 继电器时间参数的传统检测方法

根据国家及企业规定的标准, 测试检验继电器十分繁琐、困难, 国内多采用传统的模拟试验手段对其性能进行检测, 如电秒表或光线示波器, 这种方法不但效率低、劳动强度大、测量速度慢、误差大, 而且对试验标准中规定的某些试验项目测量不准确, 甚至有些项目根本无法检测。

进入上世纪 90 年代以来, 计算机技术的发展大大推动了低压电器的试验与检测技术的进步。在国内外, 推出了许多采用微处理器的继电器检测装置。在继电器时间参数的检测原理方面, 这些检测装置

基本相同。以文献[1]介绍的检测装置为例,其检测原理图见图2。

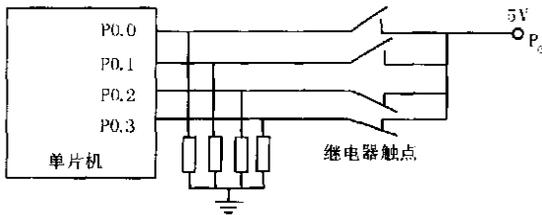


图2 时间参数检测原理电路

Fig.2 Test circuit of time parameters

图2中, P_0 是单片机的数字量输入端口。由此可见,当继电器的触点处于闭和状态时,单片机对应的I/O端口输入电压约为5V,I/O端口为逻辑‘1’;当继电器的触点处于断开状态时,单片机对应的I/O端口输入电压约为0V,I/O端口为逻辑‘0’。当对试品继电器施加励磁电压后,以足够小的采样周期 T_s (如20 μ s)读取 P_0 端口的数据并保存,经过数据处理,可以计算出相应的时间参数。以 $P_0.0$ 数据为例,假设数据保存在7000h为首地址的存储单元中,见表1。

表1 采样数据

Tab.1 Sampling data

7000h	7068h
0 0 0 ... 1 0 1 1 0 ... 1 0 1 1 ... 1	

从表1中可以看出,采集到的 $P_0.0$ 的数据开始时为‘0’,说明继电器触点为断开状态。在第7068h单元,采集的数据为‘1’,说明继电器触点第一次产生闭合,动作时间可以按照式(1)计算:

$$\text{动作时间} = (7068h - 7000h) \times 20 \mu s = 2.08 \text{ ms} \quad (1)$$

按照上述方法,可以计算出其它时间参数。

采用上述方法检测到的继电器时间参数,在控制直流负载情况下,基本上是符合的。而控制交流负载时,会产生较大的出入。

当继电器接通、分断交流电压时,对于继电器时间参数的测试,上述方法无法使用。这是因为交流电压是交变的,继电器即使在闭合状态下, P_0 端口输入电压的瞬时值也存在非常小和等于零的情况,所以当触点所接回路为交流回路时,不能用触点间电压瞬时值的大小来推断继电器触点的闭合与分断的状态。

2 交流继电器时间参数的检测原理

控制交流负载的继电器称为交流继电器。按照

行业习惯,判定继电器触点闭合与分断的规则为:继电器触点间电压小于为外加电压的5%时,认为触点为闭合状态;继电器触点间电压大于为外加电压的90%时,认为触点为分断状态。此处提到的触点间电压和外加电压均指电压的有效值。

计算机检测交流电压有效值有两种方法,一是通过专用的有效值检测电路;二是通过检测的交流电压瞬时值进行计算。最典型的计算方法如式(2)。

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^2} \quad (2)$$

公式(2)的含义是,在一个交流电压周期内采集 n 点电压瞬时值 u_i ,求取它们的均方根值,即为电压有效值 U 。

采用式(2)计算电压有效值时,计算结果滞后于实际电压的变化,滞后时间为一个电压变化周期(20ms)。而继电器闭合于分断的时间小于20ms,因此采用上式计算得到的触点间电压有效值不能用来判断继电器的动作或释放时间。采用有效值检测电路进行检测,同样也存在一定的滞后。

2.1 交流电压峰值的快速估算

忽略高次谐波后,交流电压的瞬时值的构成见公式(3)。

$$u_i = \sqrt{2} U \sin(2\pi f t_i + \phi) \quad (3)$$

通过观察公式(3)可得,当继电器触点打开时,触点间的电压峰值为 $\sqrt{2} U_K$,并且为常数,不随电源相角的改变而变化;当继电器触点闭合时,触点间的电压峰值为 $\sqrt{2} U_B$,同样也为常数,不随电源相角的改变而变化。触点打开与闭合时的差别是峰值电压不同,打开时电压峰值 $\sqrt{2} U_K$ 的数值较大,闭合时电压峰值 $\sqrt{2} U_B$ 的数值较小。

因此,如何能够快速计算交流电压峰值,最好是每采集一点瞬时值马上即可计算出峰值,是准确得到继电器时间参数的关键。

对公式(3)求导可得:

$$u_i' = 2\sqrt{2} \pi f U \cos(2\pi f t_i + \phi) \quad (4)$$

因此

$$\sqrt{u_i^2 + \left(\frac{u_i'}{2\pi f}\right)^2} = \sqrt{2} U \quad (5)$$

观察公式(5), u_i 为该采样时刻的有效值, u_i' 为 u_i 的导数,根据导数定义, u_i' 可以表示为:

$$u_i' = \lim_{t \rightarrow 0} \frac{u_i - u_{i-1}}{t} = \frac{u_i - u_{i-1}}{t}$$

当 t 取1个采样周期时上式变换为

$$u_i \frac{u_i - u_{i-1}}{T_S} \quad (6)$$

分析可得,公式(6)的物理意义是:用 u_i 和 u_{i-1} 两点连线的斜率,替代 u_i 点的导数。而 u_i 和 u_{i-1} 两点连线的斜率,作为 u_i 和 u_{i-1} 两点中点的导数更为合理。因此公式(6)变为:

$$u_{i-\frac{1}{2}} \frac{u_i - u_{i-1}}{T_S} \quad (7)$$

公式(5)中的 u_i 相应的变为 $u_{i-\frac{1}{2}}$,

$$u_{i-\frac{1}{2}} \frac{u_{i-1} + u_i}{2} \quad (8)$$

将公式(8)、(7)代入公式(5)可得:

$$\sqrt{2}U = \sqrt{\left(\frac{u_i + u_{i-1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{u_i - u_{i-1}}{2 f T_S}\right)^2} \quad (9)$$

2.2 算法仿真研究

采用 MATLAB 语言对公式(9)进行仿真验证。仿真结果见图3。

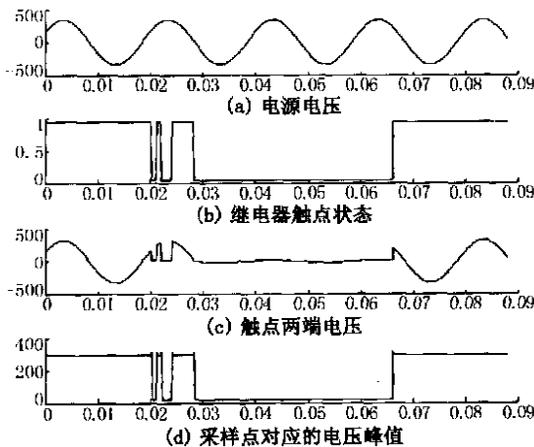


图3 算法仿真结果

Fig.3 Simulation results of computation

(a)图模拟电源电压,数学表达为:

$$u = 300\sin(314t + 30^\circ)$$

(b)图模拟继电器触点状态,0.9代表触点打开、0.05代表触点闭合;

(c)图模拟继电器触点两端的电压;它是用触点状态数值乘以电源电压得出的;

(d)图是采用公式(9)计算的每个采样点对应的电压峰值。

通过仿真证明,采用公式(9)计算每个采用点的电压峰值,其原理误差在3%以内。

3 应用实例

交流继电器可靠性与电寿命计算机控制与检测

设备原理如图4。

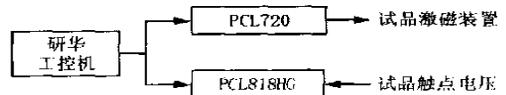


图4 计算机控制的继电器试验装置原理图

Fig.4 Diagram of relay based on computer

用户可以设置试验频率,需要试验的次数、允许失效的次数;负载因数(占空比);触点闭合、断开门限电压等参数。按照要求,设备自动进行试验,根据触点闭合、断开门限电压值计算动作时间、释放时间;检测触点间电压与门限值比较,判断是否失效;检测并显示触点电压波形、试验电压、电流波形,显示界面见图5。

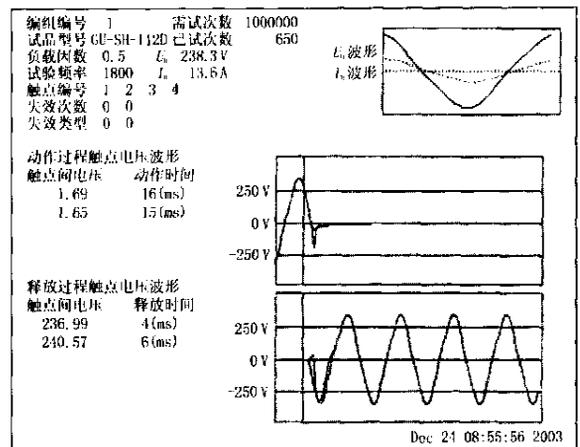


图5 继电器试验装置检测界面

Fig.5 Screen copy of relay test device

4 结论

本文中阐述的有关交流继电器时间参数的检测技术,简便实用。根据要求,选择不同转换速度的AD采集卡,可以满足检测精度。

参考文献:

[1] 陆俭国,等(LU Jian-guo, et al). 电器试验技术与试验方法(Testing Technology and Method of Electric Appliance) [M]. 北京:机械工业出版社(Beijing:China Machine Press),1995.

[2] 陆俭国,等(LU Jian-guo, et al). 机床电器检验测试手册(The Machine Tool Electric Apparatus Test s Handbook) [M]. 北京:机械工业出版社(Beijing:China Machine Press),1999.

(下转第45页 continued on page 45)

参考文献:

- [1] Anderson P M. Analysis of Faulted Power Systems [M]. Iowa: The Iowa State University Press, 1973.

收稿日期: 2004-02-05

作者简介:

于立涛(1974-),女,工程师,本科,主要从事继电保护计算、运行及管理工作; E-mail: yuz520@163.com

赵颖(1973-),女,工程师,本科,主要从事电力系统一次回路设计工作;

徐鹏(1973-),男,工程师,本科,主要从事电力系统二次回路设计工作。

Scheme and design of the neutral grounding via low resistance in Puxiang substation

YU Li-tao¹, ZHAO Ying², XU Peng²

(1. Qingdao Electric Power Supply Bureau, Qingdao 266002, China; 2. Qingdao Electric Power Design Institute, Qingdao 266002, China)

Abstract: The scheme of the neutral grounding via low resistance in Puxiang substation is put forward according to its load characteristics. It takes the method of adding the neutral grounding point in the low voltage system. Two transformers of ztype transformer and $Y_0/$ transformer are introduced, and current distribution in a grounding transformer when single phase grounding occurs is analyzed. The theory of protection and capacity selection of the grounding transformer is detailed. In order to make the setting calculation easy, delta connection of CT in the high voltage of the grounding transformer should be adopted in the design. In the end, it brings forward the protection and setting schemes, making sure that relay protections can cut off the fault when single phase grounding occurs.

Key words: low resistance; grounding; design; setting

(上接第 27 页 continued from page 27)

- [3] Rieder W F, Strof T W. Reliability of Commercial Relays during Life Tests at Low Electrical Contact Lo [J]. IEEE Trans on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, 1992.
- [4] Frost B J. A New Generation of Relay Test Equipment Addresses Old Relay Measurement Problem [A]. Proceedings of 45th Relay Conference, 1998.
- [5] 杜太行,等(DU Tai-hang, et al). 继电器时间参数计算机检测技术(The Computer-based Test System for Time Par-

ameter of Relay) [J]. 继电器(Relay), 2002, 30(5): 37-39.

收稿日期: 2003-02-04; 修回日期: 2004-06-17

作者简介:

杜太行(1963-),男,博士,教授,博士生导师,长期从事电器检测与试验、计算机应用、工业自动化方面的研究; E-mail: thdu@hebut.edu.cn

王京保(1978-),男,硕士,研究方向为自动化。

Research of time parameter test technique for AC relay

DU Tai-hang, WANG Jing-bao, SUN Shu-guang, XU Xiao-ying

(School of Electrical Engineering and Automation, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: Under the AC load, measuring methods for relay's time parameters like operating time has become more and more attracted. The paper expounds a data processing technique based on computer. It works out the AC voltage peak value, through the variety of the voltage peak and the contact derivative voltage, it determines the state of contact and calculates the time parameters such as parameters of operating and releasing time. This method has been used in relay electric life testing equipment with a satisfactory result.

Key words: relay; AC load; time parameter; computer control and detection technique