

继电器寿命终了时分断过程中的熔焊现象

张 欢, 李震彪, 郑必成, 何整杰

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 触点熔焊是继电器最为严重的故障形式之一。笔者对两种实验样品商用继电器和触点模拟试验装置进行了大量电接触实验, 分析了触点熔焊前分断燃弧时间的变化规律, 指出熔焊的发生具有随机性和突发性, 熔焊发生前分断燃弧时间比较稳定, 单纯从分断燃弧时间上很难预测熔焊的发生时刻。最后得出熔焊既可以发生在触头闭合过程, 也可能发生触头分断过程。

关键词: 触头; 熔焊; 燃弧时间; 继电器

中图分类号: TM58

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)03-0117-03

Welding Phenomenon of a Relay in the End of Lifetime During Breaking Period

ZHANG Huan, LI Zhen-biao, ZHENG Bi-cheng, HE Zheng-jie

(College of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Welding is one of the worst faults for an electromagnetic relay. In order to find out the variation rule of arc duration in breaking period before welding, a large number of electrical contact experiments on both commercial relay and simulation test device under different voltages were conducted. The results show that welding may occurs randomly or suddenly, and predicting welding moment only according to arc duration in breaking period is difficult. Welding can take place in a relay either during closing period, or during breaking period.

Key words: electrical contact; welding; arc duration; relay

0 引言

继电器触头失效的主要模式包括接触电阻过大、燃弧时间增长、触头熔焊及烧毁等, 这些现象都是由触头在分断和接通电路时所产生的电弧累积作用造成的, 相比于闭合电弧, 分断电弧作用时间长, 电弧能量大, 对触头的烧损作用更加明显, 因此开断燃弧时间成为影响开关电器性能的一个重要因素^[1-4]。文[5]中介绍了目前开关电器触头电寿命诊断的几种常用方法, 如基于 $N-I_b$ 寿命曲线的诊断方法、模糊综合诊断法、接触电阻法、信号特征提取法等。笔者主要研究触点失效前分断时间与继电器分断操作次数的关系, 拟通过提取电路通断过程的信号特征进而判断触头剩余寿命, 尝试建立触头电寿命与分断电流电压波形特征之间的关系。

1 试验方法

为探讨继电器触点失效前分断燃弧时间的变化规律, 笔者采用两种方案进行了专门的试验测试。

试验方案 1: 试验样品是商用继电器 YL-314-A-T, 触点材料是 $AgSnO_2$ 。直流电源电压为 36 V, 电压波动不大于 5%, 阻性负载下试验电流为 10 A, 操作周期为 4 s (1 s 通 3 s 断, 每一次闭合分断操作算一个操作周期)。利用虚拟仪器继电器电接触测试装置记录每次通断过程中的电流电压波形, 采样频率为 165 kHz。

试验方案 2: 试验样品是触点模拟试验装置, 阴极触点材料为 Ag, 阳极触点材料为 AgNi。其它同试验方案 1。

试验程序为: 对两种实验方案依次在 36 V 下各进行了闭合、分断操作, 直至触头失效为止, 统计触头失效前每个操作周期的分断电流总时间。

2 分断时间参数的统计方法

继电器触点在分断操作时会发生弹跳现象, 图 1 为继电器分断操作中发生两次弹跳时的电弧电压波形。 t_{b1} 代表首次分断弹跳燃弧时间, 即在触点分断操作过程中, 从触点首次分离瞬间到触点弹跳回闭合接触瞬间的时间间隔; t_{b2} 代表首次弹跳后稳定

收稿日期: 2008-06-25; 修回日期: 2008-12-21

作者简介: 张 欢(1982), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电器设备状态检测技术。

接触时间,即首次弹跳结束后触头处于稳定闭合接触状态的持续时间; t_{b3} 代表第2次弹跳燃弧时间,即出现第2次弹跳时,触点从再次分离瞬间到触点弹跳回闭合接触瞬间的时间间隔; t_{b4} 代表第2次弹跳后稳定接触时间,即第2次弹跳结束后触头处于稳定闭合接触状态的持续时间; t_{b5} 代表该次分断操作中的末次分断燃弧时间,即从触头最后一次分离瞬间到电弧最终完全熄灭瞬间的时间间隔。

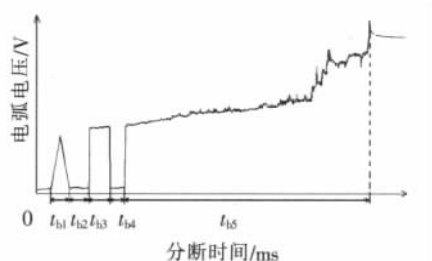


图1 继电器分断时的电弧电压波形

在触头分断过程无弹跳发生时,分断电流总时间 $t_b=t_{b5}$;发生一次弹跳时,分断时间 $t_b=t_{b1}+t_{b2}+t_{b5}$;发生两次弹跳时,分断时间 $t_b=t_{b1}+t_{b2}+t_{b3}+t_{b4}+t_{b5}$ 。

由于分断过程中的触点弹跳一般发生在触点刚刚分离的微间隙时刻,经过短暂的微间隙弹跳(抖动)后触点进入单向分离运动,且弹跳时间在整个分断时间中所占的比例非常小^[6],可近似认为 $t_b=t_{b5}$ 。文中所统计的是分断电流总时间 t_b 。

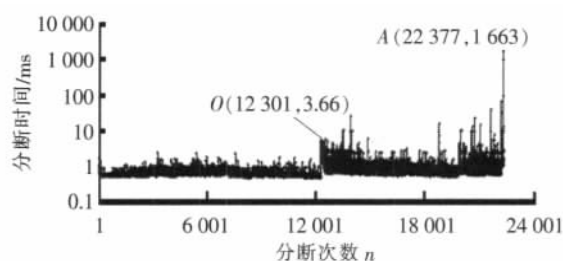
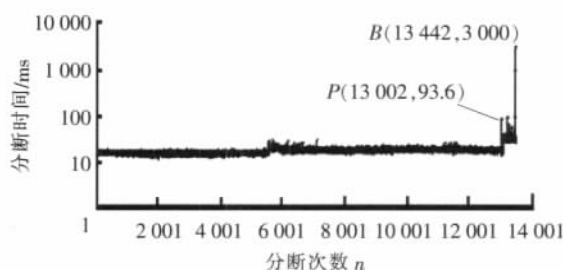
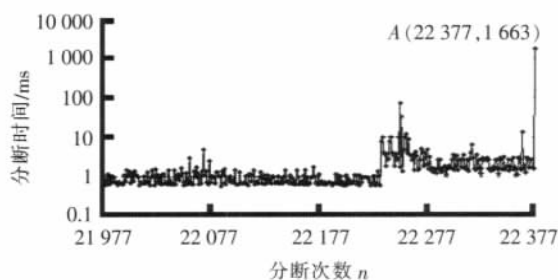
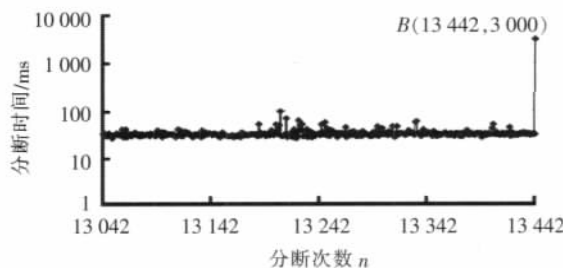
3 触点熔焊前分断时间的分布特性

3.1 触点熔焊前 t_b 随操作次数的变化

图2为方案1、2的试验结果,即每次分断操作时 t_b 的分布规律。在图2中的A点和B点处发生了触头熔焊现象,其中A(22 377,1 663)点为该次分断操作为第22 377次,分断时的燃弧时间为1 663 ms。B(13 442,3 000)点则表明该次分断操作为第13 442次,分断时的燃弧时间为3 s。在试验中为保证电源电压波动不超过5%,在图2中的O点和P点所示位置更换了蓄电池,试验波形表明更换电池后电源电压的微小变化仍会造成分断时间的波动。

图3(a)、(b)分别为商用继电器和触点模拟实验装置触头熔焊前400次分断操作 t_b 的分布,该阶段电源电压保持不变,熔焊发生前的分断时间 t_b 也基本保持稳定。商用继电器发生熔焊前的10、100、400次分断操作的平均分断燃弧时间分别为2.08、2.31、1.72 ms。触点模拟实验装置发生熔焊前的10、100、400次分断操作中的平均分断燃弧时间分别为31.10、32.04、30.05 ms。

图2和图3表明,无论是商用继电器还是触点模拟实验装置,触点熔焊前的最后一次分断过程中均出现了较长时间的持续燃弧现象,商用继电器熔焊发生前有1.66 s的持续燃弧,而触点模拟实验装

(a)方案1触点熔焊前每次分断操作的 t_b (b)方案2触点熔焊前每次分断操作的 t_b 图2 t_b 随操作次数的分布(a)方案1触点熔焊前400次分断操作的 t_b (b)方案2触点熔焊前400次分断操作的 t_b 图3 触点熔焊前400次分断操作 t_b 的分布

置在熔焊前整个分断周期3 s内一直持续燃弧。

3.2 熔焊发生时刻

图4、5分别为商用继电器和触点模拟试验装置在发生熔焊前最后5个操作周期的电流电压波形。

图4(a)中的a点为分断操作点,此时触点间电流从额定值10 A急剧下降到2.5 A,经过1.66 s的持续燃弧后触点间电流恢复为10 A,与之对应的图4(b)中的触点间电压从分断持续燃弧时的20 V左右降为0。说明在该时刻触点已发生熔焊,且该熔焊发生在闭合操作点c点之前,并在下一个分断操作点d点时无法分断电路。

图5(a)中的e点为分断操作点,触点间电流从

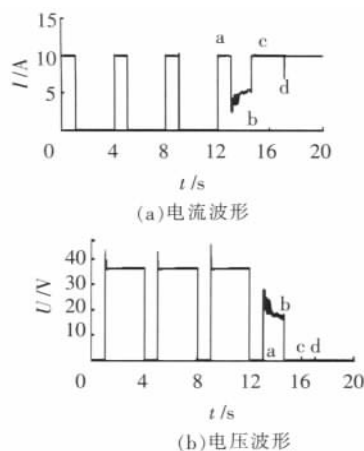


图 4 商用继电器发生熔焊时电流电压波形

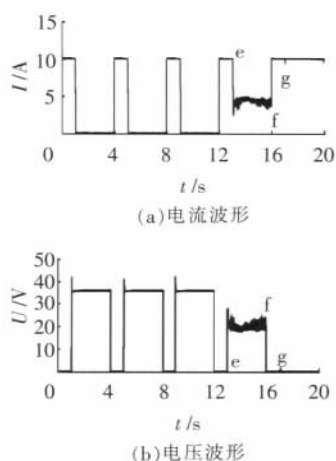


图 5 触点模拟试验装置发生熔焊时的电流电压波形

额定值 10 A 下降到 2.5 A, 电压从 0 上升到 28 V 左右, 随后在整个分断周期 3 s 内一直持续燃弧, 此时两触点间电压为电弧电压, 在机械上两触点已完全分离, 当到达闭合操作点 f 点时触点闭合, 电弧熄灭, 触点间电压下降为 0, 并在下一个分断操作点 g 点时无法分断电路。这说明已发生熔焊, 且该熔焊应发生在 f 点和 g 点之间, 属于闭合过程中的熔焊。

4 讨论

一般认为继电器的熔焊发生在触点的闭合过程^[2,6,7], 或者由触点分离的微间隙弹跳而引发的分断弹跳熔焊^[8,9]。而图 4 表明继电器在分断持续燃弧时也会发生触点间的熔焊, 关于分断熔焊的产生机理, 笔者认为在触点分断过程中产生了金属液桥, 液桥的粘附力以及动静触头间的静电引力将阻碍触头的分离运动, 当它们的合力大于簧片的分断力时, 液桥无法分断, 这时由于电能的累积作用将使得液桥变粗变大, 并最终导致液桥熔焊。图 5 中的触点熔焊发生在闭合过程中, 在前一个分断时间内的持续燃弧使

得触头表面材料熔化, 形成金属熔池, 在闭合时, 电弧熄灭, 触头接触部位的液态金属冷却而发生熔焊。

图 2、3 表明除熔焊前最后一次分断持续燃弧外, 其余分断燃弧时间均比较稳定, 没有出现超过 100 ms 的长燃弧现象, 图 2 中的 O 点和 P 点处分断时间变化较明显, 这与试验后期更换了蓄电池有关, 电压的提高将造成分断时间的相应延长, 但更换电池以后分断时间的波动仍然很小, 见图 3, 这表明熔焊的出现仍然具有突发性。

统计分析触点熔焊前的 10、100、400 次的平均分断时间, 发现随操作次数的增加, 其分断时间没有明显的递增或递减规律。

5 结语

为研究触点熔焊前分断燃弧时间的变化规律, 笔者对商用继电器和触点模拟试验装置进行了电接触试验, 得到以下结论:

(1) 熔焊的发生具有随机性和突发性, 在熔焊发生前, 分断时间 t_b 在小范围内波动, 不随操作次数的增加呈现明显的递增或递减趋势;

(2) 熔焊既可能发生在触点闭合过程中, 也可能发生在触点分断操作过程。

参考文献:

- [1] 李震彪, 吴细秀, 魏梅芳. 短弧对汽车继电器触头动熔焊的影响[J]. 低压电器, 2007(1): 10-13.
- [2] 李震彪, 徐金玲, 黄良, 等. 电磁继电器触头动熔焊机理分析[J]. 低压电器, 2007(5): 1-3.
- [3] 刘向军, 费鸿俊, 张仁义. 汽车灯负载下银基触头材料熔焊性能的研究[J]. 电工电能新技术, 2001(1): 33-37.
- [4] 刘向军. 开关电器触头熔焊机理分析[J]. 低压电器, 2006(9): 11-14.
- [5] 狄美华, 李震彪, 吴细秀. 开关电器触头电寿命诊断方法综述[J]. 高压电器, 2004, 40(3): 201-204.
- [6] LI Zhen-biao, ZHANG Huan, XU Jian. The Effect of Power Supply Voltage on Make & Break Duration of Relays [C]// The 24rd International Conference on Electrical Contacts, 2007: 67-73.
- [7] RIDER W F. Contact Welding Influenced by Anode Arc and Cathode Arc, Respectively [C]// Proceedings of the 50th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts and the 22nd International Conference on Electrical Contacts, 2004: 378-381.
- [8] CHEN Z K, WITTER G. Electrical Contacts for Automotive Applications: A Review [J]. IEICE Transactions on Electronics, 2004, E87-C(8): 1248-1254.
- [9] 李震彪, 郑必成, 张欢. 继电器熔焊特性及其与触点分断操作的关系[J]. 华中科技大学学报, 2007, 35(7): 99-101.