

3TB40 交流接触器辅助触头可靠性试验研究

张根柱¹, 田志国¹, 刘砚菊², 高有华³, 李延斌³

(1. 许继日立电气有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 沈阳工业学院, 辽宁 沈阳 110003;

3. 沈阳工业大学, 辽宁 沈阳 110023)

摘要: 介绍了 3TB40 交流接触器辅助触头可靠性试验的方法和试验监测结果。对该产品进行了失效分析, 给出了可靠性的特征指标。找出了影响产品可靠性指标的主要因素, 分析了失效机理, 为接触器的可靠性设计提供参考。

关键词: 交流接触器; 辅助触头; 可靠性试验; 失效分析

中图分类号: TM572 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2003)S0-0050-03

1 引言

开关电器, 尤其是低压电器, 是电气自动化设备不可缺少的元件, 其可靠性至关重要。产品的可靠性是指产品在规定的条件下及规定的时间内完成规定功能的能力。可靠性是产品的重要质量特征, 它不同于产品的功能指标及其它质量指标。它随时间的推移而变化, 表示了产品的耐久性、无故障性和有效性等特征。

随着低压电器产品容量的增大, 使用的范围也变得更为广泛, 从而导致产品、部件及组成的设备或系统发生故障的机会增加, 造成的经济损失也在加剧。因此, 提高开关电器的可靠性水平, 是电器行业一个紧迫而又严峻的任务。在许多使用场合, 用户已不满足于“产品质量可靠”这种模糊的说法, 而要求对产品可靠性有明确的定量指标。

本文对 3TB40 交流接触器辅助触头的可靠性进行了试验研究, 提出了可靠性试验的方法, 给出了试验监测的结果。对该产品进行了失效分析, 给出了可靠性的特征量。分析了失效机理, 为摸清接触器的可靠性水平及低压电器的发展方向提供参考。

2 可靠性试验方法及失效判据

3TB40 交流接触器辅助触头的可靠性试验是在多功能继电器、接触器可靠性微机试验系统上进行的。随机抽取某厂生产的 16 台具有 2 常开和 2 常闭辅助触头的 3TB40 产品, 在线监测触头压降、线圈电流和动作时间。

2.1 试验方法

触头压降监测是通过 D/A 转换器给出触头压降的门限值, 将此值和实际的触头压降值比较, 当实际

的触头压降值低于门限值时, 判定为触头接触良好, 试品的触头此次监测合格。否则, 判定为触头接触不良, 试品的触头此次监测不合格。线圈电流监测首先通过电阻将电流信号转换为电压信号, 然后与 D/A 转换器给出触头压降的门限值比较, 得出线圈电流的监测结果。试品的吸合时间和复位时间监测是通过 8253 定时器定时, 给出试品吸合时间和复位时间的标准门限值, 当标准时间门限值到时, 定时器计数脉冲归零, 并发出信号, 计算机接到信号后发出命令, 监测触头压降。若触头压降合格, 判为试品吸合时间或复位时间合格, 否则, 判为试品吸合时间或复位时间长。

2.2 试验条件

- a) 每个辅助触头回路施加 24 V 直流电压, 串接 240 Ω 电阻, 即辅助触头回路的电流大约 100 mA。
- b) 连续试验的操作频率为 7200 次/小时。
- c) 试验截止时间为 30 万次, 是一次定时截尾的寿命试验。

2.3 失效判据

多功能继电器、接触器可靠性微机试验系统在线监测触头压降、线圈电流和动作时间。将监测结果与失效判据(标准的阈值)比较, 给出试品此次是否合格的结论。失效判据如表 1 所示。

表 1 失效判据表

Tab.1 failure criteria table

序号	内容	判据值
1	接触故障	500.0 mV
2	接触故障一档	1000.0 mV
3	接触故障二档	2000.0 mV
4	接触故障三档	8000.0 mV
5	线圈断路	0.2 A
6	线圈匝间短路	$0.2 A < I < 18.0 A$
7	线圈短路	18.0 A
8	吸合时间长	50.0 ms
9	释放时间长	50.0 ms
10	粘连电压	500.0 mV

3 试验结果及失效分析

3.1 试验结果

表 2 给出了系统监测的结果,包括试品失效部位、故障类型及出现故障时试品已动作的次数。触头接触压降括号内的数字为接触压降的档次值。表 3 给出了试品失效模式及累计发生次数。统计失效模式次数时,同一个故障部位只累计一次。从监测的故障结果(见表 2)可以看出,故障类型几乎都是触头故障。故表 4 单独统计了触头的失效部位及失效时间。

表 2 试验的监测结果

Tab.2 monitoring result

失效部位	故障类型	故障时间(次数)	失效部位	故障类型	故障时间(次数)
3 1B	接触故障(2)	14349	15 2B	接触故障	44718
3 1B	接触故障(1)	15023	15 2B	接触故障	44730
3 1B	接触故障(3)	19419	7 2K	接触故障	44792
15 2B	接触故障(3)	44108	3 1B	接触故障	97729
15 2B	接触故障(3)	44110	7 2K	接触故障(3)	107965
15 2B	接触故障(3)	44126	7 2K	接触故障	109621
15 2B	接触故障(1)	44206	7 2K	接触故障(3)	120626
15 2B	接触故障(3)	44682	7 2K	接触故障(3)	123215
15 2B	接触故障(3)	44689	3 1B	接触故障(3)	143724
15 2B	接触故障(3)	44692	3 1B	接触故障	143884
15 2B	接触故障	44693	3 1B	接触故障(1)	143893
15 2B	接触故障(3)	44696	3 1B	接触故障	143985
15 2B	接触故障(3)	44697	3 1B	接触故障(1)	144050
15 2B	接触故障(1)	44698	11 2K	接触故障(3)	183505
15 2B	接触故障	44699	13 1K	接触故障(3)	185945
15 2B	接触故障(2)	44704	15 1K	接触故障	215883
15 2B	接触故障(1)	44705	15 1K	接触故障(1)	216906
15 2B	接触故障(2)	44706	7 2K	接触故障(3)	222208
15 2B	接触故障	44707	13 2K	接触故障	226386
15 2B	接触故障(1)	44708	7 2K	接触故障(3)	244211
15 2B	接触故障	44710	15 1B	接触故障	262077
15 2B	接触故障	44716	5 1B	接触故障(2)	280262
15 2B	接触故障(1)	44717	8 1B	接触故障(1)	280477

表 3 试品失效模式及累计发生次数

Tab.3 Failure mode and total occurrence number

失效类型	次数	失效类型	次数	失效类型	次数
接触故障	6	触头粘连	0	机构拒放	0
接触故障(1)	4	线圈匝间短路	0	机构拒合	0
接触故障(2)	5	线圈断路	0	吸合时间长	0
接触故障(3)	2	剩磁拒放	0	释放时间长	0
总计			17		

表 4 触头接触失效时间(次数)

Tab.4 Failure time of contact touch(times)

触头号	失效时间	触头号	失效时间	触头号	失效时间
3 1B	14349	13 1K	185945	5 1B	280262
15 2B	44108	15 1K	215883	8 1B	280477
7 2K	44792	13 2K	226386		
11 2K	183505	15 1B	252077		
总计			10		

3.2 失效分析

当产品的寿命服从指数分布时,其失效率估算有二种方法:

3.2.1 点估计法

失效率按下式估算:

$$\hat{\lambda} = \frac{\gamma}{T} \quad (1)$$

式(1)中, T 为总试验时间(次数)

γ 为试验过程中试品失效数

在无替换定时截尾寿命试验中,总试验时间为:

$$T = \sum_{i=1}^{\gamma} t_i + (n - \gamma)t_0 \quad (2)$$

式(2)中, n 为试品总数

t_i 为第 i 台试品的失效时间(次数)

t_0 为试验截止时间

3.2.2 区间估计法

区间估计有两种形式:单边估计和双边估计。

对于单边估计,失效率的估计区间为:

$$\lambda_L = 0.0$$

$$\lambda_U = \frac{X_{0.6}^2(2\gamma + 2)}{2T} \quad (3)$$

式(3)中, $X_{0.6}^2(2\gamma + 2)$ 为自由度为 $2\gamma + 2$,置信度为 $0.6(1 - \alpha = 0.6)$ 的 X^2 分布下的下侧分位数。

对于双边估计,失效率的估计区间为:

$$\lambda_L = \frac{X_{0.2}^2(2\gamma)}{2T} \quad (4)$$

$$\lambda_U = \frac{X_{0.8}^2(2\gamma + 2)}{2T} \quad (5)$$

式(4)中, $X_{0.2}^2(2\gamma)$ 为自由度为 2γ , 置信度为 $0.2(\alpha/2=0.2)$ 的 X^2 分布下的上侧分位数。

式(5)中, $X_{0.8}^2(2\gamma+2)$ 为自由度为 $2\gamma+2$, 置信度为 $0.8(1-\alpha/2=0.8)$ 的 X^2 分布下的下侧分位数。

对于指数分布, 失效率 λ 估算出来以后, 其它特征量即可求出:

$$\text{可靠度: } R(t) = e^{-\lambda t} \quad (6)$$

$$\text{平均寿命: } \bar{\mu} = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

$$\text{可靠寿命: } T_R = -\frac{\ln R(t)}{\lambda} \quad (8)$$

$$\text{中位寿命: } T_{0.5} = -\frac{\ln R(0.5)}{\lambda} \quad (9)$$

将试验的结果数据代入式(1)~(9), 得到了3TB40交流接触器的可靠性特征量, 见表5。同时, 根据试验数据, 用威布尔概率估算其形状参数 m , 得 $m=0.95 \approx 1.0$ 。故可认为其寿命失效服从指数分布, 用指数分布估算其可靠性特征量是有效的。

表5 可靠性特征量

Tab.5 Reliability characteristic quantity

失效率点估计值	平均寿命点估计值	失效率单边估计值	单边估计的平均寿命值	可靠寿命 $T_R \times 10^4$ 次	中位寿命 $T_{0.5} \times 10^4$ 次
$\hat{\lambda} \times 10^{-6}$	$\bar{\mu} \times 10^4$ 次	$\lambda_U \times 10^{-6}$	$\bar{\mu} \times 10^4$ 次	10^4 次	10^4 次
		$1-\alpha=0.6$	$1-\alpha=0.6$		
0.577	179	0.585	171	38.7	124

3.3 失效机理

从表2~4的试验结果可知, 试品的失效模式只有一种, 即触头的接触失效。由此可见:

(1) 3TB40交流接触器的电磁机构可靠性水平较高, 动作时间没有超标, 机构没有发生故障。

(2) 3TB40交流接触器的辅助触头出现多次接触失效。这是因为在试验过程中, 触头负载电压为直流24V, 电流100mA。电流低于银触头的起弧电流, 故在通电过程中不会形成电弧放电。由于辅助触头在空气中的氧化, 使得辅助触头的膜电阻 R_f 增大, 导致接触压降增大, 触头出现了接触失效。

另外, 辅助触头的接触失效可能是材质缺陷造成的。由表2可知, 第七个试品的第二个常开触头(即72K)在44792~123215次范围内, 故障类型均为接触故障三档。其形成机理可能是膜电阻, 也可能是触头材料中的杂质或材质不均所引起的。又如152B, 接触压降不稳定, 这也反映了接触压降 R_f 很

不稳定。

同时, 在试验过程中发现, 有故障的触头, 历经 10^4 次通断后, 故障消失, 或故障出现的频数大大地减小。这一现象可能是由于通断过程中的机械冲击力和火花放电(辉光放电)清理了触头表面无机膜、尘埃膜和表面杂质等。尤其是机械力和电热效应使触头表面得以调质处理, 使触头在机械加工过程中形成的表面应力得以消除或改善, 提高了导热能力, 改善了表面接触情况, 使接触电阻下降。

4 结论

本文介绍了3TB-40交流接触器辅助触头的可靠性试验方法及失效判据。通过试验监测的结果, 对其可靠性进行了试验研究, 给出了可靠性的特征指标。找出了影响产品可靠性指标的主要因素。对产品的失效机理进行了探讨。为接触器的可靠性设计提供参考。针对此批3TB-40交流接触器辅助触头, 得出以下结论:

(1) 产品的寿命失效分布服从规律指数分布。

(2) 电磁机构可靠性水平较高。动作时间没有超标, 机构没有发生故障。

(3) 辅助触头出现多次接触失效。主要是辅助触头的膜电阻 R_f 大、辅助触头的材质有缺陷造成的。

(4) 机械力和电热效应会使触头表面得以调质处理, 改善了表面接触情况, 使接触电阻下降。

参考文献:

- [1] 盐见弘. 可靠性技术—试验与分析[M]. 北京: 国防出版社, 1983.
- [2] Zhu Ruiqi. A Life Reliability Test System of Electric-Mechanic Relays and Contacts with Failure Analytic Function. International of Conference on ECAAA, 1989.
- [3] 陆俭国. 低压电器可靠性技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1986.
- [4] 祝瑞琪. 电子电器[M]. 北京: 机械工业出版社, 1983.

作者简介:

张根柱(1965-), 男, 工程师, 从事电力系统微机保护的相关研究;

田志国(1972-), 男, 在读工程硕士研究生, 从事集成电路的应用与设计的研究;

刘砚菊(1965-), 女, 副教授, 从事电工及电路稳定性相关研究。

(下转第54页)

动电流使继电器动作,即当出现外部故障,流过保护的不平衡电流大于最小动作电流时,保护仍可能误动,这就是由于外部故障致使该继电器动作的问题所在。

经检查继电器内部,发现该种继电器的转折电流是不可调的,这样只有提高最小动作电流,才能使制动特性曲线位于计算制动特性曲线之上,故

$$I_{dzmin} = K_{zh,js} I_{zo} = 0.234 \times 6 = 1.404(\text{A})$$

按照整定原则,留有一定的余度,取可靠系数 K_k 为 1.3,则

$$\begin{aligned} I_{dzmin} &= K_k \times 1.404 \\ &= 1.3 \times 1.404 = 1.825(\text{A}), \end{aligned}$$

取 2A。

根据上述计算结果,在制动特性图上画出如图 1 曲线③,其斜率与曲线①相同,经校验,灵敏度满足要求,改过后至今未发现过误动。

3 结束语

虽然差动保护误动的原因很多,但最基本的一条也是最关键的一条,就是无论是搞继电保护整定计算还是继电保护校验的人员都应掌握继电器的结构、原理。焦煤热电厂差动保护误动的事件,主要是由于工作人员对继电器本身的结构与原理了解不够所致。另外继电保护校验人员在校验过该继电器后,应随时绘出制动特性图,并加以分析判断,这样才能避免类似事情的发生。

作者简介:

许雷军(1962-),男,电气工程师,从事电厂管理工作;

吴康(1967-),男,电气工程师,从事电气运行管理工作。

The analysis of malfunction reason of the Model LCD-4 relay

XU Lei-jun, WU Kang

(Thermoelectric Factory of Jiaozuo Coal-mining group, Jiaozuo 454191, China)

Abstract: LCD-4 Relay is a differential relay of transformer. The false action of the differential protection not only can bring the unnecessary economy loss for users, but also influence safe operation of the whole electric power system. So analysing the cause of misoperating of the model LCD-4 Relay has a significant meaning for the safety of production.

Key words: relay; malfunction

(上接第 52 页)

Reliability test research on auxiliary contact of 3TB40 AC contactor

ZHANG Gen-zhu¹, TIAN Zhi-guo¹, LIU Yan-ju², GAO You-hua³, LI Yan-bin³

(1. XJ Hitachi Electric CO., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Shenyang Industry Institute, Shenyang 110003, China;

3. Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China)

Abstract: The paper introduces the method and monitoring result of reliability test research on auxiliary contact of 3TB40 AC contactor. It also presents failure analysis of the product and reliability characteristic index. And then it analyzes the main influential factor to the reliability index of the product and failure mechanism. The paper is a good reference to the reliability design of contactor.

Key words: AC contactor; auxiliary contact; reliability test; failure analysis

2003年7月25日,中共中央政治局常委、国务院副总理黄菊在河南考察期间,在省委书记李志强、省长李成玉等领导的陪同下,莅临许继集团考察指导工作。对许继集团依靠科技创新,不断提高企业核心竞争力的做法给予了充分肯定。