

# 过载保护继电器的可靠性验证试验

赵靖英<sup>1,2</sup>, 刘帼巾<sup>1,2</sup>, 王海涛<sup>1</sup>, 张哲<sup>3</sup>

(1. 河北工业大学, 天津 300130; 2. 德力西集团有限公司博士后科研工作站, 浙江 温州 325604; 3. 天津大学, 天津 300072)

**摘要:** 过载保护继电器广泛应用于电气控制系统中,其可靠性直接影响系统的运行,而可靠性验证试验是提高产品可靠性的一种重要途径。在采用保护成功率作为可靠性指标的基础上,选取了定时或定数截尾试验方案,制订了可靠性验证试验的抽样检查方案,确定了可靠性验证试验的试验内容、失效判据和试验程序,同时对典型产品进行了可靠性验证试验。

**关键词:** 过载保护继电器; 可靠性验证试验; 保护成功率; 定时或定数截尾试验

**中图分类号:** TM58 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)19-0085-04

## 0 引言

过载保护继电器是保护类电器中的一种重要的低压电器元件,量大面广,它通常与交流接触器结合使用,多用于实现电动机的过载保护。但目前过载保护继电器的故障较多,从而造成重大的经济损失,其中可靠性较低就是一个至关重要的原因。随着电气控制系统的发展,过载保护继电器的可靠性就显得越来越重要。

过载保护继电器的可靠性验证试验是定量考核过载保护继电器可靠性、保证过载保护继电器质量的一种重要途径,因此本文对过载保护继电器的可靠性验证试验进行了深入研究,为可靠性验证试验的全面开展提供一个参考。

## 1 可靠性指标的确定

进行过载保护继电器可靠性验证试验方法的研究,首先要确定可靠性指标。可靠性指标要能够全面定量反映过载保护继电器的可靠性。

过载保护继电器主要具有两种故障模式:

1) 当用电设备发生故障时,过载保护继电器不能及时可靠地动作(拒动)。

2) 当用电设备未发生故障时,过载保护继电器由于自身动作特性的改变或由于各种干扰信号的作用发生误动作(误动)。

针对过载保护继电器作为保护类电器的不频繁动作的工作特点及其可能发生的拒动、误动故障模式,采用保护成功率 $R$ (简称为成功率)作为可靠性指标。成功率是指产品在规定条件下完成规定功能的概率,或在规定条件下试验成功的概率。对过载

保护继电器而言,是指过载保护继电器在工作期间不发生拒动和误动的概率。

## 2 可靠性验证试验方案的选择

对于过载保护继电器的成功率验证试验有两种类型的试验方案可以选择,即定时或定数截尾试验方案和截尾序贯试验方案。

具有相同风险率的截尾序贯试验与定时或定数截尾试验之间的对比如图1所示。

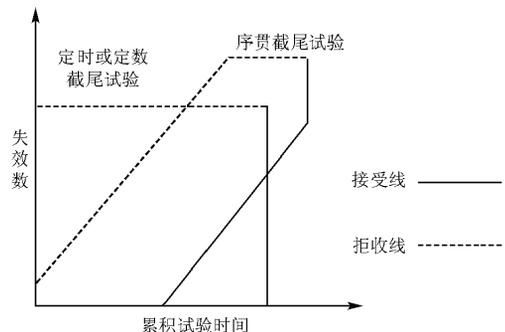


图1 截尾序贯试验与定时或定数截尾试验之间的对比

Fig 1 Contrast between truncated sequence test and limited timing or limited number truncated test

截尾序贯试验方案在试验费用及试品数方面变化幅度较大,且在试品、试验设备及人员安排等管理方面存在一定的困难,因此截尾序贯试验方案一般适用于价格昂贵的产品可靠性验证试验。而定时或定数截尾试验方案在试验前就能确定试验的最大累积试验时间或试品的最大数量,并且在试验之前就可以确定费用、试验设备及人力的最大需要量。因此定时或定数截尾试验方案一般适用于价格较低、

生产批量较大的产品可靠性验证试验。

目前,过载保护继电器的年生产量已达到了数千万,产品的价格不太贵,且对它们的可靠性要求是在一定工作时期内的可靠性,一般需要在一定环境条件下并在一段时间内进行模拟试验。因此,过载保护继电器的可靠性验证试验选用定时或定数截尾试验方案。

### 3 可靠性验证试验抽样检查方案的制订

根据抽样检查的基本理论,由不可接受成功率  $R_1$  和使用者风险  $\beta$  来确定过载保护继电器成功率验证试验抽样检查方案。

抽样检查方案的接收概率是一批产品按某一抽样检查方案进行检查而被判为合格的概率。在两参数  $R_1$ 、 $\beta$  条件下,成功率的接收概率  $L(R)$  与成功率  $R$  之间的关系如图 2 所示。

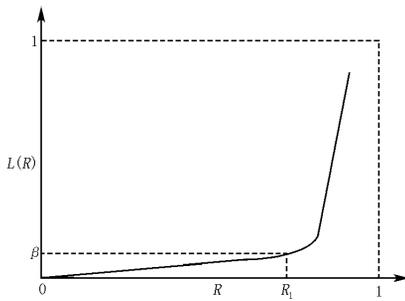


图 2 两参数成功率抽检特性曲线

Fig 2 Sampling and checking characteristic curve of success ratio of two parameters

由图 2 可知:

$$L(R_1) = \beta \tag{1}$$

即:

$$\sum_{r=0}^{A_c} C_n^r R_1^{n-r} (1 - R_1)^r = \beta \tag{2}$$

式中:  $A_c$  为合格判定数;  $n$  为总试验次数;  $r$  为试品故障次数。

根据式 (2) 和图 2 可以得到产品满足可靠性要求、可以接收的条件为:

$$\sum_{r=0}^{A_c} C_n^r R_1^{n-r} (1 - R_1)^r \geq \beta \tag{3}$$

一般由生产者和使用者协商,规定  $R_1$ 、 $\beta$  及合格判定数  $A_c$  后,根据式 (3) 即可确定出过载保护继电器定时或定数截尾试验中  $n$  的最小解  $n_f$  (作接收判断时所要求的试验数) 从而获得在两参数  $R_1$ 、 $\beta$  条件下的抽样检查方案。

根据产品的实际应用情况,本文推荐过载保护

继电器成功率等级可按不可接受成功率  $R_1$  的数值分为五个等级。成功率等级的名称和  $R_1$  的数值见表 1。

表 1 成功率等级名称和  $R_1$  的数值

Tab 1 Name of success ratio level and value of  $R_1$

成功率等级名称	$R_1$
一级	0.99
二级	0.98
三级	0.97
四级	0.96
五级	0.95

在实际应用中,一般  $\beta = 0.1$ 。表 2 为所做出的两参数  $R_1$ 、 $\beta = 0.1$  条件下的成功率验证试验抽样检查方案表。

表 2 成功率验证试验抽样检查方案表 ( $\beta = 0.1$ )

Tab 2 Sampling and checking plan table of success ratio compliance test ( $\beta = 0.1$ )

$R_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.99	388	531	667	798	926	1 051	1 175	1 297	1 418
0.98	194	265	333	398	462	525	587	648	708
0.97	129	176	221	265	308	349	390	431	471
0.96	96	132	166	198	230	262	292	323	333
0.95	77	105	132	158	184	209	234	258	282

### 4 可靠性验证试验内容的确定

根据国家标准和行业标准的规定,确定过载保护继电器可靠性验证试验的试验内容如下:

1) 正常工作电流试验:起始条件为冷态时,试品通以 1.05 倍整定电流,通电时间为 2 h,试品应不动作。

2) 1.2 倍过载电流试验:在试品发热至稳态的基础上,通以 1.2 倍整定电流,试品应在产品标准规定的时间内动作。

3) 1.5 倍过载电流试验:在试品发热至稳态的基础上,通以 1.5 倍整定电流,试品应在产品标准规定的时间内动作。

4) 7.2 倍过载电流试验:起始条件为冷态时,试品通以 7.2 倍整定电流,试品应在标准规定的脱扣时间范围内动作。

上述 1.05 倍过载电流试验的次数占截止次数  $n_z$  的二分之一,1.2、1.5 倍过载电流的次数各占试验截止次数  $n_z$  的四分之一,7.2 倍过载电流试验作为验证试验在最后只做 1 次,每一次试验后需复位。

### 5 可靠性验证试验失效判据的确定

在试验过程中若出现下列任何一种情况,均可判为失效:

1)从冷态开始,通以 1.05倍整定电流至热态时,试品已经动作(发生误动)。

2)从冷态开始,通以 7.2倍整定电流,试品在规定脱扣的最小时间内已经动作(发生误动)。

3)通以 1.2倍整定电流时,试品在 2 h内不动作(发生拒动)。

4)通以 1.5倍整定电流时,试品在规定的时间内不动作(发生拒动)。

5)从冷态开始,通以 7.2倍整定电流时,试品超过规定脱扣的最大时间才动作(发生拒动)。

## 6 可靠性验证试验程序的确定

过载保护继电器可靠性验证试验程序如下:

1)选定产品的成功率等级;

2)选定合格判定数  $A_C$ ;

3)根据选定的成功率等级及  $A_C$ ,计算出作接收判断时所要求的试验数  $n_f$ ;

4)选定每台试品的试验截止次数  $n_z$ ,推荐  $n_z$ 在 40~80次中选择;

5)根据  $n_f$ 、 $n_z$ 及  $A_C$ 由式(4)确定试品数  $n$ ;

$$n = n_f / n_z + A_C \quad (4)$$

6)从批量生产并经过筛选的合格产品中随机抽取  $n$ 个试品,供抽样的产品数量应不小于试品数  $n$ 的 10倍,试品应在标准大气条件下放置足够长的时间(一般不小于 8 h),以使试品达到热平衡;

7)进行试验,当某台试品的失效次数累计达到 2次时,该试品退出试验;

8)统计所有试品总的失效次数  $r_\Sigma$  ( $r_\Sigma = r_1 + r_2$ , 式中  $r_1$  为拒动次数,  $r_2$  为误动次数);

9)试验结果判定:当累积试验次数  $n_\Sigma$ 达到或超过了作接收判决时所要求的试验数  $n_f$ ,而总的失效次数  $r_\Sigma$ 未达到截尾失效数(即  $r_\Sigma < A_C$ ),则判为产品合格(接收);当累积试验次数  $n_\Sigma$ 未达到作接收判决时所要求的试验数  $n_f$ ,而总的失效次数  $r_\Sigma$ 达到或超过截尾失效数  $r_c$ (即  $r_\Sigma > A_C$ ),则判为产品不合格(拒收)。

## 7 典型产品的可靠性验证试验

利用典型过载保护继电器 JR36-20按上述方法进行可靠性验证试验,选取  $\alpha = 0.1$ ,  $R_1 = 0.95$ ,  $A_C = 1$ 。根据成功率验证试验抽样检查方案表可得:

$$n_f = 77$$

选取  $n_z = 40$ ,试品数为:

$$n = \frac{n_f}{n_z} + A_C = \frac{77}{40} + 1 = 3 \quad (5)$$

国家标准 GB14048.6-1998中规定的过载保护继电器(脱扣级别为 20)的动作极限如表 3所示。

表 3 过载保护继电器的动作极限

整定电流倍数	脱扣时间 $t_p$	起始条件	周围空气温度 / ( )
1.05	2 h	冷态	20
1.2	<2 h	已达到热平衡	
1.5	<8 min	已达到热平衡	
7.2	6 s $t_p$ 20 s	冷态	

随机选取 3台 JR36-20产品,利用自行研制的过载保护继电器可靠性试验装置,进行了可靠性验证试验,试验结果如表 4所示。

表 4 试验结果

整定电流倍数	试品 1	试品 2	试品 3
1.05	40次试验中 每次试验在 规定时间内 均未脱扣	40次试验中 每次试验在 规定时间内 均未脱扣	40次试验中 每次试验在 规定时间内 均未脱扣
1.2	20次试验中 每次试验在 规定时间内 均脱扣	20次试验中 每次试验在 规定时间内 均脱扣	20次试验中 每次试验在 规定时间内 均脱扣
1.5	20次试验中 每次试验在 规定时间内 均脱扣	20次试验中 每次试验在 规定时间内 均脱扣	20次试验中 每次试验在 规定时间内 均脱扣
7.2	10 s脱扣	8 s脱扣	11 s脱扣

由试验结果可以看出,在 81次(>77次)试验中,并未发生拒动或误动失效,即:

$$r_\Sigma = r_1 + r_2 = 0 < A_C = 1$$

所以该批产品可靠度等级已达到了 0.95(五级),满足可靠性要求,可以接收。

上述内容为对典型过载保护继电器产品 JR36-20进行的可靠性验证试验,对于其它不同脱扣级别的过载保护继电器产品,试验步骤是完全相同的,但判定标准(规定的动作极限)有所不同。生产企业可以以此为基础,进行更适合、更严格的可靠性验证试验。

根据可靠性验证试验的试验结果,生产企业可以进行针对性的失效分析,找出失效原因,从而采取相应的措施,以提高产品的质量和可靠性。

## 8 结论

本文针对过载保护继电器的工作特点和失效模式,确定了过载保护继电器可靠性验证试验的可靠性指标;根据过载保护继电器的可靠性要求、抽样理论和产品的实际应用情况,选取了定时或定数截尾试验方案,制订了抽样检查方案,确定了可靠性验证试验的试验内容、失效判据以及试验程序;利用自行研制的过载保护继电器可靠性试验装置,对典型产品进行了可靠性验证试验。

过载保护继电器可靠性验证试验的研究对切实保证和提高产品质量和可靠性具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 陆俭国,王景芹. 低压保护电器可靠性理论及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.  
LU Jian-guo, WANG Jing-qin Reliability Theory and Its Application of Low-voltage Protective Apparatus [M]. Beijing: China Machine Press, 2004.

- [2] LI Kui, YAO Fang, LU Jian-guo, et al Test and Analysis of Reliability for Electromagnetic Relay Electrical Contacts[A]. Proceedings of the Annual Home Conference on Electrical Contacts, IEEE Piscataway: 2000 79-82  
[3] LUO Yan-yan, LU Jian-guo, LI Zhi-gang Study on Methods of Reliability Test for Switches[A]. The Proceedings of International Relay Conference 1999.  
[4] GB14048.6-1998 低压开关设备和控制设备:接触器和电动机起动器[M]. 北京:中国标准出版社,2001.  
GB14048.6-1998 Low-voltage Switchgear and Controlgear Contactors and Motor-starters[M]. Beijing: China Standard Press, 2001.

收稿日期: 2006-02-16

作者简介:

赵靖英(1974-),女,博士研究生,讲师,目前主要从事智能电器及电器可靠性和教学工作;E-mail: zhaojy931@eyou.com

刘帼巾(1972-),女,博士研究生,副教授,目前主要从事电器可靠性和教学工作。

### Reliability compliance test of over-load protective relay

ZHAO Jing-ying<sup>1,2</sup>, LU Guo-jin<sup>1,2</sup>, WANG Hai-tao<sup>1</sup>, ZHANG Zhe<sup>3</sup>

(1. Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China; 2. Postdoctoral Research Work Station of Delixi Group Co., Ltd, Wenzhou 325604, China; 3. Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Over-load protective relay is widely applied in electric control system. Its reliability directly affects running of system. Reliability compliance test is an important approach for improving reliability of products. On the basis of adopting protective success ratio as reliability characteristic value, limited timing or limited number truncated test is chosen. Sampling and checking plan is designed. The test contents, the failure criterion and test program of reliability compliance test are determined. In addition, the reliability compliance test for typical products is carried out.

**Key words:** over-load protective relay; reliability compliance test; protective success ratio; time or failure curtailed test plan

(上接第 84 页 continued from page 84)

吴梦杰(1949-),男,本科,工程师,研究方向为玻璃生产企业配电系统中谐波问题及谐波治理。E-mail: wmjctec@163.com

收稿日期: 2005-11-30; 修回日期: 2006-06-30

作者简介:

### Harmonic wave control technology and optimized design of power supply system for glass plant

WU Meng-jie

(Bengbu Glass Design & Research Institute, China Triumph International Engineering Co., Ltd, Bengbu 233018, China)

**Abstract:** With non-linear load proportion increasing gradually in low voltage power distribution system, its load property changes a lot. Even under the action of 3-phase sine wave, 3-phase conductor current generates non-sinusoidal distortion, resulting in generating higher harmonic current. This paper describes the technology of control higher harmonic wave by adopting single-tuned wave filter in Bangladesh MG 250t/d float glass production line project. With this technology, it makes main wiring reduced concerning 3 sets of 1370 kW natural gas generating units with outlet voltage of 400 V and 3 sets of 1050 kW diesel generating units, which saves more than 30% of the investment for power equipment and at the same time ensures reliability and quality of power supply.

**Key words:** harmonic source; harmonic current; tuning filters; harmonic wave control