



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 14048.17—2008/IEC 60947-5-4:2002

---

## 低压开关设备和控制设备 第 5-4 部分： 控制电路电器和开关元件 小容量 触头的性能评定方法 特殊试验

Low-voltage switchgear and controlgear—Part 5-4:  
Control circuit devices and switching elements—Method of  
assessing the performance of low-energy contacts—Special tests

(IEC 60947-5-4:2002, IDT)

2008-12-30 发布

2009-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	I
1 范围和目的 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、符号 .....	1
4 基本原理 .....	4
5 一般试验方法 .....	5
6 一般特性 .....	5
7 缺陷的表征 .....	9
8 环境条件 .....	9
9 报告的方法 .....	10
10 试验报告中提供的信息 .....	12
附录 A (规范性附录) 制造商提供的信息 .....	13
参考文献 .....	15

## 前 言

《低压开关设备和控制设备》目前包括以下 18 个部分：

- GB 14048.1 低压开关设备和控制设备 第 1 部分：总则；
- GB 14048.2 低压开关设备和控制设备 第 2 部分：断路器；
- GB 14048.3 低压开关设备和控制设备 第 3 部分：开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器；
- GB 14048.4 低压开关设备和控制设备 机电式接触器和电动机起动器；
- GB 14048.5 低压开关设备和控制设备 第 5-1 部分：控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器；
- GB 14048.6 低压开关设备和控制设备 第 4-2 部分：接触器和电动机起动器 交流半导体电动机控制器和起动器(含软起动器)；
- GB/T 14048.7 低压开关设备和控制设备 辅助电器 第 1 部分：铜导体的接线端子排；
- GB/T 14048.8 低压开关设备和控制设备 辅助电器 第 2 部分：铜导体的保护导体接线端子排；
- GB 14048.9 低压开关设备和控制设备 第 6-2 部分：多功能电器(设备) 控制与保护开关电器(设备)(CPS)；
- GB/T 14048.10 低压开关设备和控制设备 控制电路电器和开关元件 第 2 部分：接近开关；
- GB/T 14048.11 低压开关设备和控制设备 第 6 部分：多功能电器 第 1 篇：自动转换开关电器；
- GB/T 14048.12 低压开关设备和控制设备 第 4-3 部分：接触器和电动机起动器 非电动机负载用交流半导体控制器和接触器；
- GB/T 14048.13 低压开关设备和控制设备 第 5-3 部分：控制电路电器和开关元件 在故障条件下具有确定功能的接近开关(PDF)的要求；
- GB/T 14048.14 低压开关设备和控制设备 第 5-5 部分：控制电路电器和开关元件 具有机械锁闭功能的电气紧急制动装置；
- GB/T 14048.15 低压开关设备和控制设备 第 5-6 部分：控制电路电器和开关元件 接近传感器和开关放大器的 DC 接口(NAMUR)；
- GB/T 14048.16 低压开关设备和控制设备 第 8 部分：旋转电机用装入式热保护(PTC)控制单元；
- GB/T 14048.17 低压开关设备和控制设备 第 5-4 部分：控制电路电器和开关元件 小容量触头的性能评定方法 特殊试验；
- GB/T 14048.18 低压开关设备和控制设备 第 7-3 部分：辅助器件 熔断器接线端子排的安全要求。

本部分是《低压开关设备和控制设备》的第 17 部分。

本部分等同采用 IEC 60947-5-4:2002《低压开关设备和控制设备 第 5-4 部分：控制电路电器和开关元件 小容量触头的性能评定方法 特殊试验》(英文版)。

本部分的附录 A 为规范性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

**GB/T 14048.17—2008/IEC 60947-5-4:2002**

本部分由全国低压电器标准化技术委员会(SAC/TC 189)归口。

本部分负责起草单位:上海电器科学研究所(集团)有限公司。

本部分主要起草人:栗惠、陈晓东。

本部分为首次发布。

# 低压开关设备和控制设备 第 5-4 部分： 控制电路电器和开关元件 小容量 触头的性能评定方法 特殊试验

## 1 范围和目的

本部分适用于所考虑的使用类别中使用的独立触头，如控制电路开关元件。

本部分考虑了两种额定电压的情况：

- a) 触头用于切换可能带有电腐蚀的负载，例如可编程控制器的输入，额定电压大于或等于 10 V（典型的是 24 V）；
- b) 电腐蚀可忽略的情况，例如电子电路，额定电压小于 10 V（典型的是 5 V）。

本部分不适用于测量非常小的容量时所采用的触头，例如传感器或热偶系统。

本部分的目的是确定一种评定小容量触头性能的方法，给出以下信息：

- 定义；
- 试验方法的一般原则，该试验用于监视和记录每次操作中触头的动作；
- 常规试验设备定义的功能性依据；
- 试验优选值；
- 特定场合（例如 PC 输入的切换）所用触头的特殊试验条件；
- 试验报告中要给出的信息；
- 试验结果的解释和说明。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 2421—1999 电工电子产品环境试验 第 1 部分：总则（idt IEC 60068-1:1988）

GB/T 2423（所有部分） 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法（IEC 60068-2（所有部分））

GB/T 5080.6—1996 设备可靠性试验 恒定失效率假设的有效性检验（idt IEC 60605-6:1989）

GB 14048.1—2006 低压开关设备和控制设备 第 1 部分：总则（IEC 60947-1:2001,MOD）

GB 14048.5—2001 低压开关设备和控制设备 第 5-1 部分：控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器（eqv IEC 60947-5-1:1997）

GB/T 15969.2—2008 可编程控制器 第 2 部分：设备要求和试验（IEC 61131-2:2007, IDT）

## 3 术语和定义、符号

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

在本部分中，根据适用情况，术语“时间区间”可表示为“操作循环次数”。

#### 3.1.1

**可靠度 reliability**

产品在规定条件下和规定时间区间( $t_1, t_2$ )内完成规定功能的概率。

注 1：一般假设为在时间区间的起点，产品处于要执行规定功能的状态。

注 2：“可靠度”还用于表示由此概率所表征的可靠性性能。

[IEV 191-02-06]

### 3.1.2

**触头可靠度** **contact reliability**

触头在规定条件下和规定的操作循环次数内完成规定功能的概率。

### 3.1.3

**失效** **failure**

产品终止完成规定功能的能力这样的事件。

注 1：失效后，产品有故障。

注 2：“失效”是一个事件，与“故障”不同，后者为一种状态。

注 3：本定义不适用于只由软件构成的产品。

[IEV 191-04-01]

### 3.1.4

**缺陷** **defect**

没有完成预期的要求或设想，包括安全要求。

注：在现有的环境下，该要求或设想应该是合理的。

### 3.1.5

**失效率观测值** **observed failure rate**

$\lambda_{ob}$

在产品寿命的某一规定期间，样品的总失效率数与该样品累积观测循环次数的比值。失效率的观测值与产品寿命期间特定的和规定的循环操作次数（或总操作循环次数）以及规定条件有关。

### 3.1.6

**失效率评定值** **assessed failure rate**

$\lambda_c$

根据与同批产品的失效率观测值相同的数据，由规定置信水平下的置信区间限值确定的失效率。

注 1：数据来源应该说明。

注 2：只有所有条件都相似时，结果才可以累积（组合）。

注 3：假定的相对于时间的隐藏的失效分布应该说明。

注 4：应该说明使用单侧区间还是双侧区间。

注 5：只规定一个限值时，该值一般是上限值。

### 3.1.7

**恒定失效率期** **constant failure rate period**

不修理的产品可能存在的失效率近似恒定的期间。

[IEV 191-10-09]

注：在可靠性工程中，经常假设失效率  $\lambda$  是恒定的，也就是说失效次数符合指数分布。

### 3.1.8

**控制单元** **controlling unit**

发出命令以运行规定的控制同步的试验程序以及命令流的设备（例如启动、测量、停止等）。

### 3.1.9

**（闭合后触头的）稳态** **steady state (of the contacts after closing)**

（操作弹跳后）达到机械稳定后触头的状态。

### 3.1.10

**负载** **load**

由受试触头控制的电器。

## 3.1.11

**负荷比** **duty ratio**

在规定时间内,带载时间与总时间的比值。

[IEV 151-04-13]

## 3.1.12

**触头压降** **contact voltage drop**

$U_k$

稳态下,触头之间的电压。

## 3.1.13

**缺陷触头压降** **defect contact voltage drop**

$U_{kd}$

所发现的缺陷存在的时间超过  $t_d$  时的电压降值。

## 3.1.14

**缺陷时间** **defect time**

$t_d$

可以认为大于  $U_{kd}$  的触头压降是一个缺陷的最小时间。

## 3.1.15

**导通电压** **ON voltage**

$U_{ON}$

使负载由截止转入导通状态所需的最小电压。

## 3.1.16

**导通时间** **ON time**

$t_{ON}$

使负载由截止转入导通状态的电压  $U_{ON}$  施加的最短时间。

## 3.1.17

**截止电压** **OFF voltage**

$U_{OFF}$

使负载由导通转入截止状态所需的最大电压。

## 3.1.18

**截止时间** **OFF time**

$t_{OFF}$

当电压小于或等于  $U_{OFF}$  时,由导通转入截止状态的最短时间。

## 3.2 符号

AX 辅助触头(见图 2)

B 统计分析使用的系数(见表 1)

C 受试触头(见图 2)

$c$  置信水平

$I$  试验电流

$K_c$  定时截尾试验系数

$M$  电压降的测量或负载的监测(见图 4)

$m_c$  在置信水平  $c$  下,统计评定的恒定的平均失效前操作循环次数(下限)( $m_c = 1/\lambda_c$ )

$N$  操作循环次数(见 9.2.2)

$n$  试验开始时的试品数目(见 9.2.2)

$N_i$	试品 $i$ 的操作循环次数(见 9.2.2)
$N^*$	累积操作循环次数(见 9.2.2)
$r$	失效数(见 9.2.2)
$t_b$	达到稳态的时间(见图 4)
$t_c$	分断电流之前无监视的最后时间(见图 4)
$t_d$	缺陷时间(见 3.1.14)
$t_e$	辅助触头 AX 和受试触头 C 打开所间隔的时间(见图 5)
$t_i$	电流接通后无监视的初始时间(见图 4)
$t_m$	触头压降 $U_k$ 或负载监测的测量时间(见图 4)
$t_{OFF}$	截止时间(见 3.1.18)
$t_{ON}$	导通时间(见 3.1.16)
$t_p$	电流流通的时间(见图 4)
$t_s$	试验触头的稳态时间(见 3.1.9 和图 4)
$U$	试验电路的电源电压
$U_k$	触头压降(见 3.1.12)
$U_{kd}$	缺陷触头压降(见 3.1.13)
$U_L$	负载两端的电压(见图 3)
$U_{OFF}$	截止电压(见 3.1.17)
$U_{ON}$	导通电压(见 3.1.15)
$T$	试验周期(见图 4)
$\lambda$	恒定失效率的真值
$\lambda_c$	置信水平 $\alpha$ 下的失效率评定值(上限)
$\lambda_{ob}$	失效率的观测值(通过试验算得)(见 3.1.5)

#### 4 基本原理

通过特殊试验来评定小容量触头的性能。这种触头的失效具有随机性,所以该方法是基于对受试触头的连续监测。

对于基本方法(见 6.1.1),每次操作都要测量(稳态——见 3.1.9)闭合触头端子之间的电压降,将其与规定的阈值进行比较。

对于其他的方法,每次操作循环中都要监测负载的工作情况。

在恒定电压  $U$  下进行测量(见图 2 和图 3)。受试触头按正常运行情况进行安装和连接,周围环境条件按第 8 章的规定。电压降直接在触头的连接端子或负载的连接端子处测量(见 6.1.2)。

这里推荐的基本方法和其他方法中(见 6.1.1 和 6.1.2),受试触头用于切换(接通和分断)负载。

不切换负载的试验,可以在同一设备上进行分析。所以,用于此用途的试验设备应进行相应的设计。

也可以在特定环境(干热、灰尘、湿热、 $H_2S$  等)中对触头进行试验。这种环境应该由用户和制造商协商,应该从 GB/T 2423 定义的环境序列中选择(见第 8 章)。

在基本方法中,试验电流为直流。应采取措施保证低电压的测量(例如,防护电缆的使用)。

对负载进行试验时,应该小心以避免触头压降之外的电压降(使用稳定电源)。

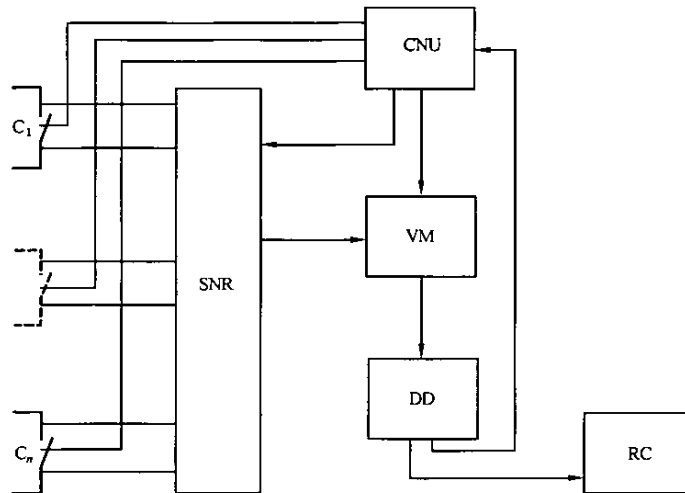
任何会影响结果的外部因素(例如振动)应该避免。



## 5 一般试验方法

试验设备(图 1)控制:

- 受试触头的动作;
- 触头回路的电源;
- 基本方法中触头压降的测量或者其他方法中负载状态的监测;
- 每个受试触头的缺陷和失效的检测和记录。



- $C_1, \dots, C_n$  —— 受试触头;  
 CNU —— 控制单元;  
 SNR —— 扫描仪;  
 VM —— 电压测量电器;  
 DD —— 缺陷检测;  
 RC —— 结果记录。

图 1 试验设备的功能图

为了确保对失效率进行充分的统计估计,应该对 8 个或更多个受试型式的触头进行试验。

注: 如果适用的话,接通和分断触头都应该进行试验。

试验操作循环次数应该至少为制造商规定的小容量条件下操作循环次数的 25%,但不超过 100%。  
 除非另有规定,该次数指的是机械寿命。

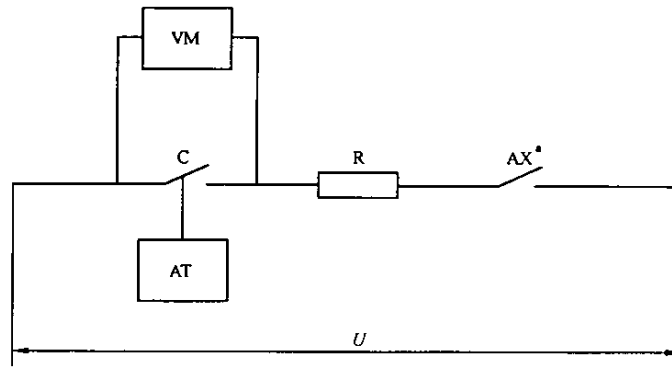
试验设备应该包括操作程序的验证方法(要特别注意受试触头的状态)以及测量装置的校准。

## 6 一般特性

### 6.1 测量方法

#### 6.1.1 在触头上的测量(基本方法)

根据图 2,直接在触头端子上进行测量(检测触头压降)。



- C——受试触头；
- AX——受试触头不用于切换负载时，用于接通和分断电流的辅助触头；
- U——电源电压(直流)；
- R——电阻性负载；
- AT——受试触头的操动功能；
- VM——电压测量电器。

<sup>a</sup> AX 应该选用具有较小的机械弹跳，而且具有稳定触头压降的类型。

图 2 基本方法所用的典型的试验电路

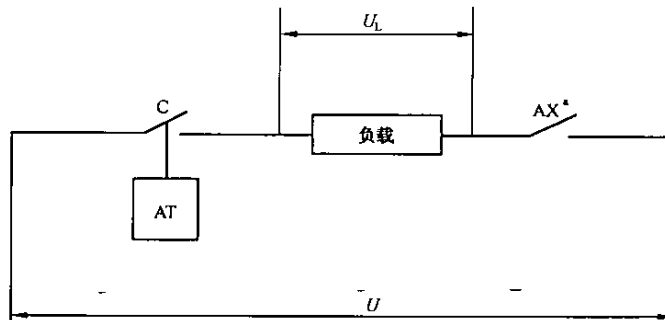
### 6.1.2 负载监测(其他方法)

根据图 3，在本方法中，通过监测负载的工作情况对触头进行试验。

本方法与正常使用条件相对应，根据负载的特性给出了结果。如果试验是在具有相同特性的负载上进行的，则结果才可以进行比较。

电源的工作情况对负载的性能有直接影响。

所以有必要使用稳定的(变化量小于±1%)连续电源(最大波纹的规定见 6.3.1)。



- C——受试触头；
- AT——受试触头的操动功能；
- AX——辅助触头；
- U——电源电压(直流或交流)；
- U<sub>L</sub>——负载两端的电压。

注：只要不超过 AX 触头的额定值，一个 AX 触头可用于多个受试触头，每个监测的触头都包括一个单独的负载电阻 R。

<sup>a</sup> AX 应该选用具有较小的机械弹跳，而且具有稳定触头压降的类型。

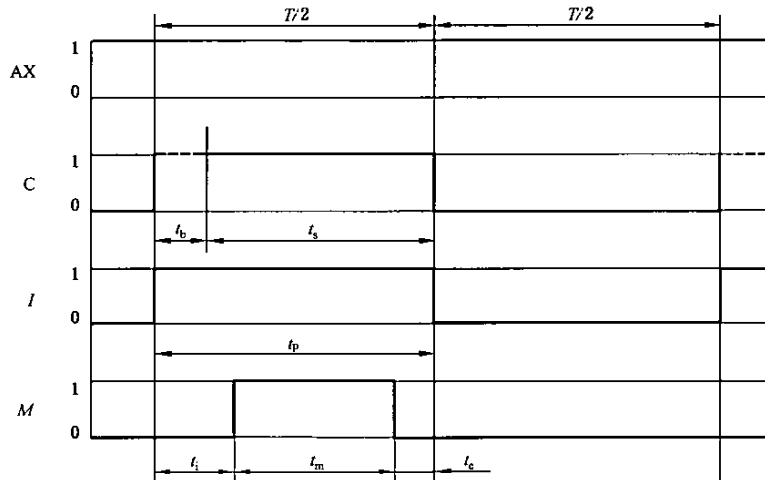
图 3 负载监测的试验电路

6.2 操作程序

对于这些推荐的试验(基本方法或其他方法),受试触头切换负载,AX(见图 2 和图 3)在试验过程中一直闭合。时序图见图 4。

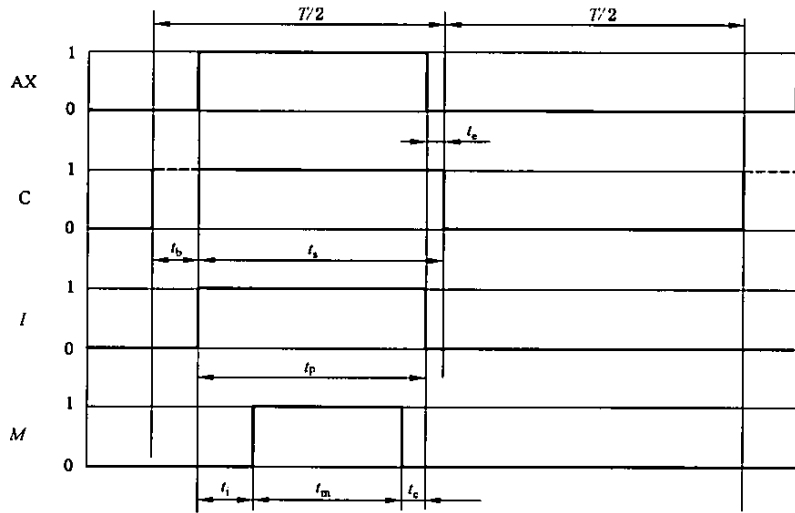
对于特殊的应用,受试触头不切换负载。时序图的例子见图 5。

图中的函数(C, I 等)即为图 2 和图 3 中的函数。函数 M 是基本方法中触头压降的实际测量。也可以是其他方法中负载状态的监测或记录。



- C——受试触头;
- $t_i$ ——接通电流后无监视的初始时间  $t_i \leq 40\% t_p$ , 且至少为 10 ms;
- I——试验电流;
- M——电压降的测量或负载的监测;
- $t_m$ ——触头压降( $U_k$ )测量的时间或负载监测的时间;
- T——试验周期;
- AX——辅助触头;
- $t_p$ ——电流流通的时间;
- $t_b$ ——达到稳态的时间(弹跳停止)至少 10 ms;
- $t_s$ ——受试触头的稳态时间;
- $t_c$ ——分断电流之前无监视的最后时间(例如  $t_c = 10\% t_p$ )。

图 4 负载切换触头的时序图



- C——受试触头；
- $t_c$ ——AX 和 C 打开之间的时间间隔；
- I——试验电流；
- $t_1$ ——接通电流后无监视的初始时间  $t_1 \leq 40\% t_p$ ，且至少为 10 ms；
- M——电压降的测量或负载的监测；
- T——试验周期；
- $t_m$ ——触头压降( $U_x$ )测量的时间或负载监测的时间；
- AX——辅助触头；
- $t_b$ ——达到稳态的时间(反弹停止)至少 10 ms；
- $t_p$ ——电流流通的时间；
- $t_s$ ——受试触头的稳态时间；
- $t_e$ ——分断电流之前无监视的最后时间(例如  $t_e = 10\% t_p$ )。

图 5 无负载分断触头的时序图

### 6.3 电特性

#### 6.3.1 基本方法的电源特性

##### 6.3.1.1 电源电压

试验电路(见图 2)的电源电压应该为：

- 直流  $24(1 \pm 5\%)V$ (包括波纹)，或
- 直流  $5(1 \pm 5\%)V$ (包括波纹)。

注：对触头进行试验时，建议在试验过程中定期使触头中的电流反向。并在试验报告中记录。

##### 6.3.1.2 电流

对于基本方法，触头电阻可忽略(短路端子)时，预期试验电流可选择下列数值：1 mA，5 mA，10 mA，100 mA；10 mA 是优选值。

电流不应该超过触头在规定试验条件下的额定值。

允差是标称值(在实际电压  $U$  下整定)的  $\pm 5\%$ 。

#### 6.3.2 其他方法的电源

电源取决于负载的要求。在每种情况下，电源的变化率应该小于  $\pm 1\%$  的调节电压(见图 3)。

#### 6.3.3 有功负载的特性

##### 6.3.3.1 一般要求

负载的特性用下列数值表征：

导通电压: $U_{ON}$                       导通延时: $t_{ON}$

截止电压: $U_{OFF}$                      截止延时: $t_{OFF}$

在  $t \geq t_{ON}$  的时间内,如果  $U_L \geq U_{ON}$ ,则负载被激励,在  $t \geq t_{OFF}$  的时间内,如果  $U_L \leq U_{OFF}$ ,则负载返回到截止状态。

### 6.3.3.2 可编程控制器的输入(PC系统的定义见 GB/T 15969.2—2008)

制造商的名称以及试验所用的 PC 系统的型号应该记录在试验报告中。

### 6.3.3.3 接触器或继电器

因为试验是相对于特定的应用场合,所以电源应该根据适用情况选用交流或直流。

负载应该按照制造商推荐的方法使用。如果使用了抑制器,应该在试验报告中注明。所用抑制器(二极管、压敏电阻、RC 连接等)的型号也应该说明。

在机电式电器中,负载容易受到机械磨损。所以,在达到规定的机械寿命之前,应该替换负载(接触器或继电器)。

制造商的名称以及负载的型号应该记录在试验报告中。

## 6.4 动作特性

根据 GB 14048.1—2006 中 4.3.4.3 的要求,选择适用于电器以及试验负载的操作循环。

受试触头的负荷比:50%。

在有些情况中,为了操动受试触头,需要使用操作机构。

操作机构的操作条件应该按 GB 14048.5—2001 中 8.3.2.1 的规定。

## 7 缺陷的表征

### 7.1 基本方法

#### 7.1.1 总则

试验设备应该能检测大于  $U_{ld}$ ,且持续时间  $t \geq t_d$  的触头电压降。 $t_d$  取决于应用情况,应该记录在试验报告中; $t_d$  的优选值为 1 ms 和 5 ms。

$U_{ld}$  取决于应用情况。优选值为 1% $U$ 、10% $U$ 、25% $U$ 。

对于缺陷操作,即使在  $t_m$  期间发生了多次传导缺陷(断续接触),也只记一次。

注:本部分给出的缺陷的表征方法是常规的方法。实际上,这种缺陷可能从未引起故障。

#### 7.1.2 检测阈值的校准

对于固定的  $U$  和  $I$ ,用校准电阻代替触头进行试验,调整校准电阻达到  $U_{ld}$ 。调整检测器(或记录器),使其在规定的测量允差范围内动作。

#### 7.1.3 监测(在 $t_m$ 期间)

——通过模拟测量:测量时间  $t_m$ ,见图 4 和图 5。

——通过高频采样:测量时间  $t_m$  如图 4 和图 5 所示,两次采样的时间间隔应该小于  $t_d/2$ 。

### 7.2 负载监测(图 3)

#### 7.2.1 电压降的测量

第一种监测方法可以采用与 7.1 相同的原理:通过模拟法或采样法测量  $U_L$ 。在这种情况下,当  $U_L < U_{ON}$  的时间  $t \geq t_{OFF}$  时,就会有缺陷(见 6.3.3)。

#### 7.2.2 负载状态的分析

通过计算输出操作的次数进行分析。在这种情况下,要考虑的缺陷的个数为触头操作次数与输出变化次数的差值。

## 8 环境条件

### 8.1 正常条件

温度(15 °C~35 °C),相对湿度(25%~75%),压强(86 kPa~106 kPa)的要求见 GB/T 2421--1999

中 5.3 的规定。

## 8.2 先决条件

受试触头应该放置在 8.1 所规定的试验环境条件下 24 h。然而,如果先决条件与上述规定不同,应该在试验报告中说明,并增加先决条件过程的描述。

## 8.3 特殊条件

对于特殊的应用,可能要求在控制的环境中进行特殊试验。这种环境应该从 GB/T 2423 的规定中选取。

## 9 报告的方法

### 9.1 失效判据

在发生 3 次缺陷后可认为触头失效。

记录触头的失效以及触头失效时的操作循环次数。

推荐采用定时截尾试验。

在发生一次失效(3 次缺陷)后,该触头不可再用于以后的统计估计。可以将其从试验中移开,用一个新的触头代替,在统计分析中要考虑新触头的性能(见 9.2 有替换失效产品的试验)。

### 9.2 失效率的报告

#### 9.2.1 一般要求

试验过程中失效率可认为恒定的情况(见 GB/T 5080.6—1996),评定值相应的置信限可以由  $X^2$  分布推得。

对于单侧区间,在置信水平  $c$  下,失效率的上限是评定失效率  $\lambda_c$ ,

$$0 < \lambda < \lambda_c$$

失效前操作循环评定次数:  $m_c = 1/\lambda_c$ 。

失效率用给定置信水平  $c$  的  $\lambda_c$  表示。

置信水平  $c$  的优选值为 60% 和 90%。

对于定时截尾试验,  $\lambda_c$  和  $m_c$  按如下方法进行估计:

——对于无替换失效产品;

——对于有替换失效产品。

#### 9.2.2 无替换失效产品时 $\lambda_c$ 的估计

$$\lambda_{ob} = (\text{失效数}) / (\text{总操作循环次数})$$

$$\lambda_{ob} = r/N^*$$

式中:

$$N^* = N_1 + N_2 + \dots + N_r + (n-r)N;$$

$N_1, N_2, \dots, N_r$  —— 试验过程中失效产品的操作循环次数。

$$\lambda_c = K_c / N^*$$

即使试验过程中没有发生失效,采用定时截尾试验时也能估计出失效率  $\lambda_c$  的上限值。

示例:

——20 个受试触头 ( $n=20$ );

——试验周期:  $N = (5 \times 10^6)$  操作循环(定时试验);

——在 100 000 次操作循环时触头 1 失效;

——在 400 000 次操作循环时触头 2 失效;

——在  $(1.5 \times 10^6)$  次操作循环时触头 3 失效;

——在  $(2.5 \times 10^6)$  次操作循环时触头 4 失效;

——在  $(4 \times 10^6)$  次操作循环时触头 5 和触头 6 失效;

——触头 7~触头 20 一直运行到操作循环结束( $5 \times 10^6$ )没有发生失效。

$$n=20$$

$$r=6$$

$$N^* = 10^5 + (0.4 \times 10^6) + (1.5 \times 10^6) + (2.5 \times 10^6) + [2 \times (4 \times 10^6)] + [14 \times (5 \times 10^6)] \\ = 82.5 \times 10^6$$

$$\lambda_{ob} = 6/82.5 \times 10^6 = 0.7 \times 10^{-7} \text{ 失效数/操作循环次数}$$

在置信水平 90%下

$$\Rightarrow K_c = 10.55 \text{ (见表 1)}$$

$$\lambda_c = 10.55/(82.5 \times 10^6) = 1.3 \times 10^{-7} \text{ 失效数/操作循环次数}$$

$$m_c = 7.7 \times 10^6 \text{ 操作循环次数}$$

### 9.2.3 有替换失效产品时 $\lambda_c$ 的估计

产品失效时,用一个新产品代替。试验过程中发生的所有失效都计数。

$$\lambda_{ob} = r/N^*$$

式中:

$r$  = 失效数;

$N^* = n \times N$ 。

$$\lambda_c = K_c/N^*$$

示例:

与前面所述例子中的条件相同,即:

——20 个受试触头,备用触头用于替换失效的触头( $n=20$ );

——试验周期; $N=(5 \times 10^6)$ 操作循环(定时试验);

——在( $0.1 \times 10^6$ )次操作循环时触头 1 失效。用新触头替换,该触头一直运行到试验结束没有发生失效;

——在( $0.4 \times 10^6$ )次操作循环时触头 2 失效。用新触头替换,该触头一直运行到试验结束没有发生失效;

——在( $1.5 \times 10^6$ )次操作循环时触头 3 失效。用新触头替换,该触头在( $3 \times 10^6$ )次操作循环[这时为第( $4.5 \times 10^6$ )次操作循环]后失效。然后再用一个新触头替换,该触头一直运行到试验结束没有发生失效;

——在( $2.5 \times 10^6$ )次操作循环时触头 4 失效。用新触头替换,该触头一直运行到试验结束没有发生失效;

——在( $4 \times 10^6$ )次操作循环时触头 5 和触头 6 失效。用新触头替换,该触头一直运行到试验结束没有发生失效;

——触头 7~触头 20 一直运行到操作循环结束( $5 \times 10^6$ )没有发生失效。

$$n=20$$

$$r=7$$

$$N^* = 20 \times (5 \times 10^6) = 10^8$$

$$\lambda_{ob} = 7/10^8 \quad \lambda_{ob} = 0.7 \times 10^{-7} \text{ 失效数/操作循环次数}$$

在置信水平 90%下

$$\Rightarrow K_c = 11.75 \text{ (见表 1)}$$

$$\lambda_c = 11.75/10^8 = 1.2 \times 10^{-7} \text{ 失效数/操作循环次数}$$

$$m_c = 8.3 \times 10^6 \text{ 操作循环次数}$$

表 1 定时截尾试验系数  $K_c$ 

失效数 $r$	置信水平 $c$ 的 $K_c$	
	$c=60\%$	$c=90\%$
0	0.915	2.305
1	2.020	3.890
2	3.105	5.300
3	4.175	6.70
4	5.25	8.00
5	6.30	9.25
6	7.35	10.55
7	8.40	11.75
8	9.45	13.00
9	10.50	14.20
10	11.50	15.40
11	12.55	16.60
12	13.60	17.80
13	14.60	18.95
14	15.65	20.15
15	16.70	21.30
16	17.70	22.45
17	18.75	23.60
18	19.80	24.75
19	20.75	25.90
20	21.85	27.05
21	22.85	28.20
22	23.90	29.30
23	24.90	30.45
24	25.95	31.60

注：如果失效数大于 24，则使用公式  $K_c = 0.25[(4r+1)^{1/2} + B]$ ， $B$  的取值如下：  
 —— $c=60\%$ ， $B=0.253$ ；  
 —— $c=90\%$ ， $B=1.28$ 。

## 10 试验报告中提供的信息

试验报告应该表明：

- 对于基本方法选择标称特性量： $U, I, U_{kd}, t_d$ ；
- 有功负载的负载特性： $U_{ON}, U_{OFF}, t_{ON}, t_{OFF}$ 等；
- 接线和安装条件；
- 操作条件：操作频率；如果有操动电器应说明操动电器的平均速度；显著中断的次数及持续时间（在中断期间触头的状态、打开或闭合）；特殊的环境条件。
- 在有功负载上进行试验，功能特性的变化应该说明（包括热稳定性）。应该规定计数器的特性（动作时间、敏感度等）。

报告的参照表，见附录 A。



**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**制造商提供的信息**

受试触头
制造商名称： 触头的型号： 触头的形状(见 GB 14048.5—2001 的图 4)：

有功负载(如果有的话)
负载性质： 制造商名称： 型号： 安装条件： 负载监测方法： (例如,计数器、数字电压表、逻辑输出)： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 动作时间：</li> <li>● 敏感度：</li> </ul> 负载特性 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 导通电压：<math>U_{ON} = \dots\dots\dots V</math></li> <li>● 导通时间：<math>t_{ON} = \dots\dots\dots ms</math></li> <li>● 截止电压：<math>U_{OFF} = \dots\dots\dots V</math></li> <li>● 截止时间：<math>t_{OFF} = \dots\dots\dots ms</math></li> </ul>

环境
正常(GB/T 2421—1999 的 5.3)：是/否 如果没有,规定：

型式试验		
引用标准及条款	试验描述及要求	试验数值及结果
6.1.1	基本方法	是/否
6.1.2	其他方法	是/否

电特性		
6.3.1.1	电压: $U$ 直流或交流 如果是直流,电压反向:是/否	.....V
6.3.1.2	电流: $I$	.....mA
GB 14048.1—2006 4.3.4.3	操作频率	.....次数/h
7.1	缺陷触头压降 $U_{kd}$	.....V
7.1	缺陷时间 $t_d$	.....ms

机械特性		
GB 14048.5—2001 8.3.2.1	操动电器(如果有)的速度 (旋转开关用角速度)	.....m/s

试验结果的特征值	
试验开始时试品数	$n = \dots\dots\dots$
操作循环次数	$N = \dots\dots\dots$
失效触头的替换	是/否
失效数	$r = \dots\dots\dots$
累积操作循环次数(见 9.2.2 和 9.2.3)	$N^* = \dots\dots\dots$
置信水平	$C = 60\%$ $90\%$
系数 $K_c$ (表 1)	$K_c = \dots\dots\dots$
评定的恒定失效率(失效数/操作循环数) $\lambda_c = K_c / N^*$	$\lambda_c = \dots\dots\dots$
评定的失效前操作次数(操作循环) $m_c = 1 / \lambda_c$	$m_c = \dots\dots\dots$

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.83—2008 电工术语 电的和磁的器件(IEC 60050-151:2001,IDT)
  - [2] GB/T 3187—1994 可靠性、维修性术语(idt IEC 191 的 119 号中办文件)
  - [3] GB/T 14733.3—1993 电信术语 可靠性、可维护性和业务质量(eqv IEC 60050,IEV 191:1990)
  - [4] IEC 60050-151:1978 国际电工词汇(IEV) 第 151 部分:电和磁的器件
  - [5] IEC 60050-191:1990 国际电工词汇(IEV) 第 191 篇:可靠性和服务质量  
修正件 1(1999)  
修正件 2(2002)
-