

# 继电器可靠性试验

河北工学院 陆俭国

**摘要:** 为了测定、验证或提高产品可靠性而进行的试验称为可靠性试验,它是产品可靠性工作的一个重要环节。本文讨论继电器可靠性试验中的几个主要问题,即可靠性试验的目的、可靠性试验的分类、环境试验、可靠性测定试验及可靠性验证试验。

**关键词** 可靠性试验 失效模式 绘尾序贯试验

## 一 可靠性试验的目的

### 1. 在研制阶段使产品达到预定的可靠性指标

为了使产品能达到预定的可靠性指标,在继电器新产品的研制阶段应对样品进行可靠性试验,以便找出产品在原材料、结构、工艺、环境适应性等方面存在的问题,并加以改进,从而提高产品的可靠性,以使产品达到预定的可靠性指标。

### 2. 在产品研制定型时进行可靠性鉴定

有可靠性要求的继电器产品定型时,应进行可靠性验证试验,以鉴定产品是否达到规定的可靠性指标(或可靠性等级)。

### 3. 生产过程中定期考核产品能否维持已定的可靠性等级。

### 4. 对产品进行筛选以提高整批产品的可靠性水平。

合理的筛选试验可以将由于各种原因(如原材料有缺陷、工艺措施不当、操作人员疏忽、生产设备发生故障、质量检验不严格等)造成的早期失效的产品剔除掉,从而提高整批产品的可靠性水平。

### 5. 研究产品的失效模式与失效机理

通过产品的可靠性试验(包括模拟试验及现场使用试验)可以了解产品在不同环境以及不同应力条件下的失效模式与失效规律。再通过对失效产品进行的分析可找出引起产品失效的内在原因(即失效机理)及产品的可靠性薄弱环节,从而可以采取相应的改进措施来提高产品的可靠性水平。

## 二 可靠性试验的分类

根据不同的分类方法(如按试验的地点、试验的项目、产品可靠性工作的阶段、施加应力的强度、对可靠性的影响、试品的破坏情况、试验的规模、抽样方案的类型等)可将继电器产品的可靠性试验分成很多种类,如表1所示。

表 1 可靠性试验的分类

分 类 原 则	试 验 的 种 类
按试验的地点分类	实验室试验 现场试验
按试验项目分类	环境试验 可靠性筛选试验 可靠性寿命试验
按可靠性工作阶段分类	研制试验 鉴定试验 验收试验
按施加应力的强度分类	正常工作试验 过负荷试验 加速寿命试验
按对可靠性的影响分类	可靠性测定试验 可靠性验证试验 可靠性增长试验
按试品破坏情况类	破坏性试验 非破坏性试验
按试验的规模分类	全数试验 抽样试验
按试验方案的类型分类	定时或定数截尾试验 序贯截尾试验

### 三 环境试验

环境条件对于产品内部潜在的故障因素起着刺激作用，它会导致材料性能恶化、机构失效、产品性能改变乃至损坏。所以环境条件是关系到产品质量、安全与可靠性的一个十分重要的问题。因此，对各种环境条件进行科学的分类，并制订相应的试验方法是极为重要的。为了评价与分析环境条件对产品性能影响的试验称为环境试验。继电器产品在贮存、运输、及使用过程中可能遇到的各种常见的环境条件如表 2 所示。

环境试验大多采用在实验室里进行模拟试验。环境条件的模拟试验可以是单因子模拟试验（如高温、低温、温度循环试验等），但有时两种或几种环境因子复合作用或交替作用或顺序作用（在加某一应力之后再施加另一应力）时，产品的可靠性可能会受到较大的影响，所以环境条件的模拟试验还应包括综合模拟试验（如湿热试验等）。

由表 2 可以看出，影响产品可靠性的环境条件很多，但并不是所有的环境条件都要进行模拟试验，有些环境条件对产品的可靠性影响很小，所以只要对产品可靠性影响较大的一些环境条件（主要是气候条件和机械条件）进行模拟试验。IEC 于 1960 年成立了

表 2 常见的环境条件

气候条件	温度、湿度、气压、风、雨、冰、雪、霜、露、沙尘、盐雾、游离气体 腐蚀性气体等
机械条件	振动、冲击、碰撞、离心加速度、跌落、失重、爆炸、冲击波等
生物条件	霉菌、昆虫等
辐射条件	太阳辐射、核辐射、紫外线辐射、宇宙辐射等
电磁条件	电场、磁场、闪电、雷击、电晕、放电等

“电子元件和设备的环境试验规程”技术委员会（TC50），到目前为止已在环境试验方面制订出了不少标准。IEC还于1972年成立了“环境条件分类”技术委员会（TC75）至今也已颁布了几项标准。美国、日本等工业发达国家也已制订了很多关于电子设备和电气设备的环境试验方法的标准。

我国于五十年代中后期开始，各工业部也都开展了环境条件与环境试验的标准制订工作。1980年成立了全国电工、电子产品环境条件与试验标准化技术委员会，组织制订环境条件与试验的国家标准，至今已制订并颁布了几十项环境试验标准。其中包括 G B 2421—81 “电工、电子产品基本环境试验规程”总则，G B 2422—81 “电工、电子产品基本环境试验规程”名词术语，G B 2423—81 “电工、电子产品基本环境试验规程”试验方法以及 G B 2424—81 “电工、电子产品基本环境试验规程”试验导则等标准。

#### 四 可靠性测定试验与可靠性验证试验

按照 IEC 605.1 “设备可靠性试验总要求”中的规定，设备（指电子、电工及机械产品等，既可指继电器元件，也可指继电保护装置）可靠性试验可分为可靠性测定试验及可靠性验证试验。

##### （一）可靠性测定试验

可靠性测定试验是指测定设备可靠性特征量数值的试验。可靠性测定试验通常是用来提供可靠性数据的，它适用于还没有定量地规定可靠性要求的产品，通过进行可靠性测定试验，并对试验结果采用参数估计等统计分析方法，估计出产品可靠性特征量的数值。

进行可靠性测定试验时所抽的样品数量  $n$  没有严格规定，但为使所抽样品更有代表性， $n$  应尽可能大些。试验可以采取定数截尾试验，也可以采取定时截尾试验。

##### （二）可靠性验证试验

可靠性验证试验是指验证设备（产品）可靠性特征量的数值是否符合其规定的可靠性要求的试验。下面讨论产品可靠性验证试验中的一些问题。

##### 1. 试验条件的选择与确定

（1）确定工作及环境试验条件，包括负载条件、电源条件及操作方法等。

(2) 确定试验期间对产品应采取的预防性维护措施。

(3) 确定试验的试品准备, 包括受试产品的测试、调整及校准等。

在试验过程中, 如果必须考虑多种工作条件、环境条件和维修条件时, 则试验条件一般是一个适当的试验周期, 周期性重复。详细的可靠性试验方案中应该有一个试验周期图, 用以表明试验周期中工作、环境和预防性维护条件的持续时间、时间间隔以及它们之间的相互关系。

试验周期的持续时间不宜过短, 以使规定的试验条件能达到稳定, 但也不宜过长, 以避免对试验结果产生实质性的影响。按 IEC—605 的规定, 在恒定失效率 (即失效分布类型为指数分布) 的情况下, 按累积的试验时间计算, 试验周期应小于  $0.2m$ 。 ( $m$  为规定的可接受的平均无故障工作时间, 或是规定的可接受的失效率的倒数)。

## 2. 确定采用实验室试验还是现场试验

实验室试验的优点是试验条件可以限定和控制, 试验结果具有可比性。此外, 能更好地控制受试产品性能的监测和失效显示。在很多情况下, 实验室试验的试验条件可以准确地按照使用的极限条件来设计。

现场试验的优点是可以提供更实际的试验结果而只要较少的试验设施, 同时其试验费用往往比相应的实验室试验的费用低, 受试产品可以按正常条件工作。现场试验的缺点是它不可能在严格受控的条件下进行。

## 3. 试验方案的确定

在恒定失效率 (即产品失效分布类型为指数分布) 的条件下, 可靠性验证试验可采用以下两种类型:

(1) 截尾序贯试验方案 指在试验过程中对受试产品进行连续地或短间隔地进行监测, 并将累积的试验时间  $T$  和累积失效数  $r$  与规定的判据进行比较 (每发生一次失效即判断一次), 以确定是否接收、拒收还是应继续试验的一种试验方案。

(2) 定时或定数截尾试验方案 指在试验过程中对受试产品进行连续地或短间隔地进行监测, 并将累积试验时间  $T$  和累积失效数  $r$  与规定的判据进行比较, 以确定是否接收或拒收 (当  $T$  达到预定的试验时间, 而  $r$  未达到预定的截尾失效数时判为接收; 当  $T$  未达到预定的试验时间, 而  $r$  达到预定的截尾失效数时判为拒收) 的一种试验方案。

在相同风险率时, 上述两种试验方案的失效数  $r$  与累积试验时间  $T$  之间的关系如图 1 所示。图中虚线表示拒收线, 实线表示接收线。

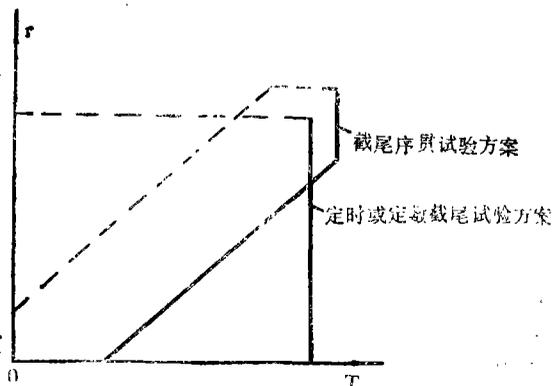


图 1 两种试验方案的对比

上述两种类型的试验方案的优缺点如下:

截尾序贯试验方案的优点为:

(1) 作出判决所需的平均失效数较少;

(2) 作出判决所需的累积试验时间较短。

其缺点为：

(1) 失效数及与之有关的试品费用的变动幅度较大，从而带来安排试品、试验设备及人力等管理方面的问题；

(2) 在某些情况下，累积试验时间及失效数可能会超过相应的定时或定数截尾试验方案。

定时或定数截尾试验方案的优点为：

(1) 最大累积试验时间是固定的，因此在试验之前就可以确定试验设备及人力的最大需要量；

(2) 试验之前能确定试品的最大数量。

其缺点为：

(1) 平均失效数与平均累积试验时间均超过相应的截尾序贯试验方案；

(2) 无论产品实际可靠性高低，都要试验到累积试验时间达到预定值或累积失效数达到预定的截尾失效数时才能作出判决，而相应的截尾序贯试验方案作出这种判决一般要快些。

下面以生产方风险 $\alpha = 0.1$ 、使用方风险 $\beta = 0.1$ 、可接受的平均无故障工作时间为 $\theta_0$ 、平均无故障工作时间的鉴别比 $D_m = 5$  ( $D_m = \frac{\theta_0}{\theta_1}$ ,  $\theta_1$ 为不可接受的平均无故障工作时间)，产品失效分布类型为指数分布作为例子，

列出其截尾序贯试验方案及定时或定数截尾试验方案。

根据 $\alpha = \beta = 0.1$ ,  $D_m = 5$ , 由IEC 605.7 “设备可靠性试验(恒定失效率假设下的失效率与平均无故障工作时间的验证试验方案)”可查得相应的截尾序贯试验方案如图2所示, 该试验方案也可用表3表示。

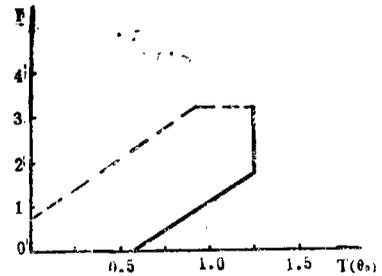


图2  $\alpha = \beta = 0.1$ ,  $D_m = 5$  时的截尾序贯试验方案

表3 截尾序贯试验方案 ( $\alpha = \beta = 0.1$ ,  $D_m = 5$ )

累积失效数	累积试验时间( $\theta_0$ 的倍数)	
	拒	接
0		$> 0.55$
1	$< 0.04$	$> 0.95$
2	$< 0.44$	$> 1.25$
3	$< 0.85$	$> 1.25$

根据 $\alpha = \beta = 0.1$ ,  $D_m = 5$ , 由IEC 605.7还可查得相应的定时或定数截尾试验方案的截尾时间 $T_c = 1.10\theta_0$ , 截尾失效数 $r_c = 3$ , 该试验方案可用图3表示。

对于继电器产品来说, 由于价格不贵, 为便于管理, 其可靠性验证试验一般可采用

## WJK—1微机监控装置简介

WJK—1微机监控装置是许昌继电器研究所为电力系统变电站开发的新型监控设备。可对变电站主要设备及线路的运行状态和电器参数进行监视测量和控制。具有数据采集, 数据处理, 显示和打印制表功能; 可进行人一机对话及控制操作。是一种全微机型的变电站自动化装置。

### 一、主要功能

1. 数据采集和处理功能: 主要有模拟量和状态量两大类。模拟量主要是线路、变压器、母线和分支的电压、电流量, 功率等, 状态量主要是断路器隔离开关的位置状态和各种故障事故状态, 如过电压、过电流、过负荷、油温、瓦斯等等。另外还有电度量采集功能。

2. 开关控制和监视: 采用集中控制, 同时对各开关状态进行监视, 并在屏幕上显示出来。控制方式采用人机对话方式, 分选择、返核和执行三步, 以保证操作的正确性。

3. 中央音响信号功能: 当开关变位时, 变位对象在屏幕上闪光; 当事故状态, 事故对象以代号形式显示在屏幕上。在上述两种情况下均伴有音响报警, 并同时在打印机上将变位对象或事故性质、内容、发生的时刻打印出来。

4. 事件顺序记录: 本监控装置以10ms的分辨率将各种事故的先后顺序记录并打印下来。可作为运行和事件分析的依据。

5. 管理功能: 本监控装置可对各单位的用电量进行监视和记录。因此在目前供电比较紧张的状况下, 可实现计划用电和均衡用电。以适应计划管理和经济核算的需要。

6. CRT显示: 装置可显示主接线图和运行参数表, 事故对象和实现人机对话的

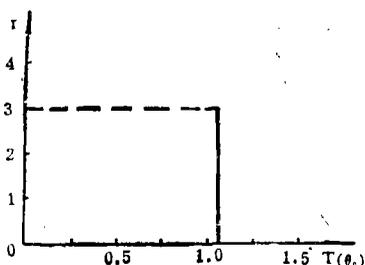


图3  $\alpha = \beta = 0.1$ ,  $D_m = 5$ 时  
定时或定数截尾试验方案  
试验方案。

定时或定数截尾试验。

### 参考文献

- [1] 陆俭国主编。低压电器可靠性技术。机械工业出版社, 1986。
- [2] 陆俭国主编。电工产品可靠性。机械工业出版社, 1991。
- [3] IEC 605.1“设备可靠性试验”总要求。
- [4] IEC 605.1“设备可靠性试验”恒定失效率假设下的失效率与平均无故障工作时间的验证