

继电器及继电保护装置可靠性基础知识讲座（连载三）

许昌继电器研究所 韩天行

六 可靠性试验和可靠性寿命试验

1. 可靠性试验:

由于产品的可靠性是在规定的条件下规定的时间内进行考核的,因而影响产品的可靠性因素是很多的,即规定的条件内各因素都是影响产品可靠性的因素,所以对这些影响因素都要进行可靠性试验,大体上可分为以下四大类,即环境试验,寿命试验,特殊试验、现场使用试验。

(1) 环境试验:

对于环境试验是针对各种环境条件进行人工模拟试验,主要有以下几方面:

1) 气候条件:包括温度、湿度、大气压、盐雾、腐蚀性气体、霉菌等。

和人机工程的研究,配备必要的储运器具和工位器具,达到规范化、标准化,满足提高生产效率、减轻劳动强度,保持最佳操作状态和工作质量的最佳储运方式要求。还要和生产管理相结合,执行期量标准,控制毛坯和在制品的合理流传,实现均衡生产,建立文明生产秩序。而定置管理的实施,由于生产处室与现场打交道多,最了解生产现场的状况,在生产现场指挥调度也比较有权威,应由生产管理部门来承担。我厂的定置管理是由生产厂长抓,由生产总调度室牵头具体抓。

3. 推行定置管理难在突破,贵在坚持。

定置管理并不是技术上和管理上难度很大的事,但是,在实际推行中,却有很大的难度。特别是消除C类状态的物品,由于受传统观念的影响,人们爱攒“家底”,有“舍不得”的心理,在办公桌里、在工具箱里、在厂房里都有些与工作无关的东西,也就是C类物品。在清理、整顿的同时,一方面采取说服教育,提高认识,同时要采取行政干预,强制手段。没有决心和恒心是难以推开的。若要使定置管理制度化、规范化、标准化,长期坚持下去,必须加以严格考核,促使职工养成习惯,形成自觉的行动。

4. 推行定置管理,必须从实际出发,因地制宜,才能取得良好的效果。

定置管理的目的是使生产现场中的人、物、环境实现科学合理的结合,以达到文明生产和提高产品质量的目的。但实际上,生产现场中的人、物、环境因生产单位性质的不同有很大程度的差异。如果用统一的定置方法去“硬套”,必然收不到好的效果。

各企业之间推行定置管理更要针对自己企业的特点,仪表、继电器行业都是精密小产品,而机床、电机、变压器就是大东西,定置管理和方法就有很大的不同。

- 2) 机械条件: 包括振动、冲击、碰撞、跌落等。
- 3) 幅射条件: 包括磁场、电场、电磁波、高频干扰波、脉冲电压波。
- 4) 人为因素, 如维护、使用、运输等。

以上各种影响因素对继电保护装置的性能的影响有大有小, 因而要根据不同的产品在不同的使用环境条件下进行模拟试验。其中大部分试验内容在继电器和继电保护装置的型式试验的内容中已包括了。问题是今后要使可靠性试验与产品型式试验互相配合起来, 研究出一确定产品可靠性指标的合理抽样规模, 以便在确定置信度下, 确定继电器及继电保护装置的失效率等可靠性指标。

(2) 寿命试验:

寿命试验是可靠性试验中的一个重要部分, 在产品的型式试验中, 也进行继电器的寿命试验, 它主要只注重动作次数在一定范围内是否出现了失效, 没有时间概念。对于继电器及装置由于它工作特点决定它的动作次数比较少, 所以试验时间很短, 最短的在 2~3 小时内就完成了寿命试验。显然这样要保证在规定的时间内能可靠工作是很困难的。所以可靠性寿命试验就能解决好在规定的时间完成规定功能的能力的问题。并通过可靠性寿命试验可以了解产品的寿命特征、失效规律, 计算出产品的失效率和平均寿命等可靠性指标。

可靠性寿命试验可分为二种, 即长期寿命试验和加速寿命试验。

1) 长期寿命试验:

长期寿命试验包括长期贮存寿命试验和长期工作寿命试验。

长期贮存试验, 是将继电器放在一定条件下贮存, 定期测量其性能参数, 根据参数的变化和失效判据, 来确定产品的平均寿命或失效率等可靠性指标。

对于大部分装置的辅助继电器, 一般都是有或无继电器, 这种继电器在电力系统中都处于不工作状态, 或是线圈的一端带有电位, 或是触点的一部分带有电位, 或甚至于不带电。因而这类继电器在电力系统正常运行时相当于贮存一样。所以对于这类继电器可以采用长期贮存寿命试验进行可靠性试验, 采用具体方法时, 将产品按一定的方式和条件贮存, 定期测量其基本参数和检查基本性能, 根据各基本参数的变化和规定的失效模式标准来确定产品平均寿命的失效率以及分布等可靠性指标。

长期工作寿命试验, 是模拟产品实际工作情况的试验, 定期检查基本性能, 并根据失效判据来判断产品能否完成预定的功能, 确定产品的平均寿命或失效率等可靠性指标。

对于量度继电器, 在电力系统正常工作时虽然它们也处于非工作状态(以触点输出形式而定)但在它的线圈里却通过一定的激励量。一旦电力系统出现故障时, 这些继电器的线圈内的激励量就要增大(或者缩小), 使继电器由非工作状态进入工作状态。因而对这类继电器采用长期工作寿命试验, 其试验方法是按产品实际运行情况给继电器线圈输入一定量的激励量, 定期测量其基本参数和检查基本性能, 根据参数变化情况和规定的失效模式标准来确定产品的工作寿命, 失效率及分布, 确定平均无故障工作时间等可靠性指标。

2) 加速寿命试验:

由于元器件的可靠性水平迅速提高,长期寿命试验的方法已经无法适应需要。因为长期寿命试验需要花费大量的人力、物力、需要花费大量的时间,所以必须找到加大应力缩短时间的加速寿命试验的方法。这些加速应力包括环境条件因子如温度、湿度等;负载因子,如触点负载等等。

为了迅速了解产品的寿命分布,分析产品的失效机理,提高产品的可靠性水平,加速寿命试验是一种值得研究和重视的方法。

(3) 特殊试验:

特殊试验是用一些特殊的仪器进行的试验。它主要用于可靠性筛选工艺和筛选试验中应用较多,是分析产品(特别是零部件)的失效机理的重要手段之一。在继电器及装置的可靠性试验中应用是比较少的。

(4) 现场使用试验:

在这些试验中,现场使用试验是最符合继电器保护产品实际情况的。上面几种试验是人工模拟试验,各种模拟条件和加速因子的选择是否符合实际情况都必须通过现场使用试验来考证。所以现场使用试验一方面是产品制造过程中的一个重要环节。另一方面也是进行人工模拟试验的标准。现在在新产品鉴定前的产品试运行就是属于这种现场使用试验。今后必须对现场试运行应给予特别重视。在现场运行时,除了其它必要的说明书外,还应附有产品现场失效登记卡片,以便记录失效状态和失效原因通过统计分析,可以确定产品的失效率,平均无故障工作时间,及时找出失效原因,采用对策,从而提高产品的可靠性。

2. 可靠性寿命试验:可靠性寿命试验按样品失效情况可以分为完全寿命试验及截尾寿命试验。完全寿命试验要进行到所有投试样品全部失效为止,所以试验时间很长,一般很少采用。截尾寿命试验是将试验做到投试样品中失效数为规定数时为止,或进行到规定的时间为止的一种寿命试验。

(1) 截尾寿命试验的分类:

截尾寿命试验按动作时间和动作次数可分为二类:一类是定数截尾寿命试验,一类为定时截尾寿命试验。

定数截尾寿命试验:被试产品从试验开始到失效数达到规定失效数时停止的试验。

定时截尾寿命试验:被试产品从试验开始到达规定的时间时停止的试验。

截尾寿命试验从被试产品有无替换上又分为二类:一类为有替换试验;一类为无替换试验。

有替换试验为在试验中失效产品用相同产品替换继续进行的试验。

无替换试验为在试验中失效产品不用相同产品替换的试验。

截尾寿命试验共分为四类:

- 1) 有替换定时截尾寿命试验。
- 2) 无替换定时截尾寿命试验。
- 3) 有替换定数截尾寿命试验。

4) 无替换定数截尾寿命试验。

(2) 试验时间的累计方法:

1) 有替换定时截尾寿命试验:

总试验时间 = 样品数 × 试验时间

$$\text{即 } T = n \cdot t_0 \quad (38)$$

式中: n —受试样品数

t_0 —定时截尾寿命试验截止时间

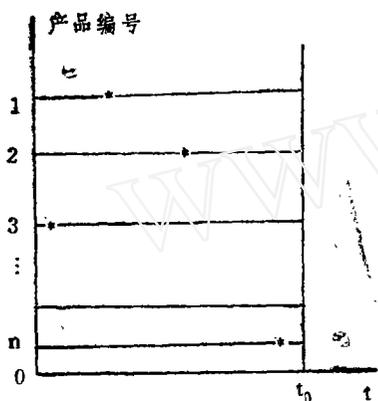


图14 定时有替换截尾寿命试验

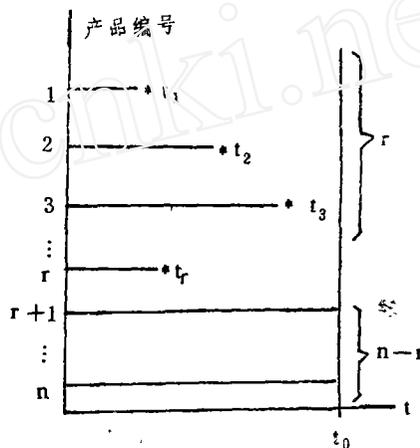


图15 定时无替换截尾寿命试验

2) 无替换定时截尾寿命试验:

总试验时间 = 第一个样品失效时间 + 第二个样品失效时间 + ... + 第 r 个样品失效时间 + (受试样品数 - 失效数) × 截止试验时间

$$\text{即 } T = t_1 + t_2 + \dots + t_r + (n - r) t_0$$

$$= \sum_{i=1}^r t_i + (n - r) t_0 \quad (39)$$

式中: n —受试样品数

r —失效数

t_0 —定时截尾寿命试验截止时间

3) 有替换定数截尾寿命试验:

总试验时间 = 样品数 × 试验时间

$$T = n \cdot t_r \quad (40)$$

式中: n —受试样品数

t_r —定数截尾寿命试验的截止时间

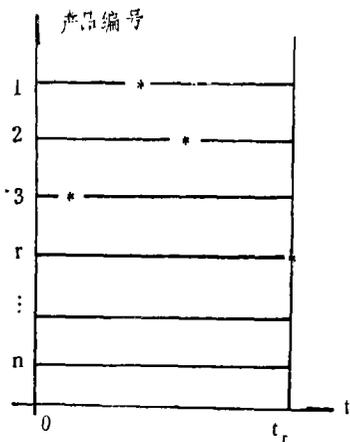


图16 定数有替换截尾寿命试验

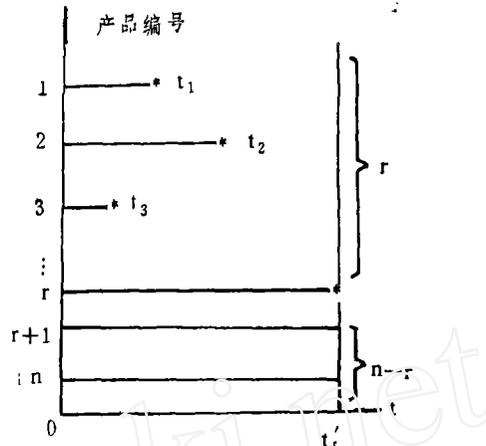


图17 定数无替换截尾寿命试验

4) 无替换定数截尾寿命试验:

总试验时间 = 第一个样品失效时间 + 第二个样品失效时间 + ... 第r个样品失效时间 + (受试样品数 - 失效数) × 截尾时间

即 $T = t_1 + t_2 + \dots + t_r + (n - r)t_r$

$$= \sum_{i=1}^r t_i + (n - r)t_r$$

式中: n ——受试样品数 r ——失效数

t_r ——定数截尾寿命试验的截止时间

5) 可修复产品寿命试验

可修复产品寿命试验时间的累计可以从图18说明。

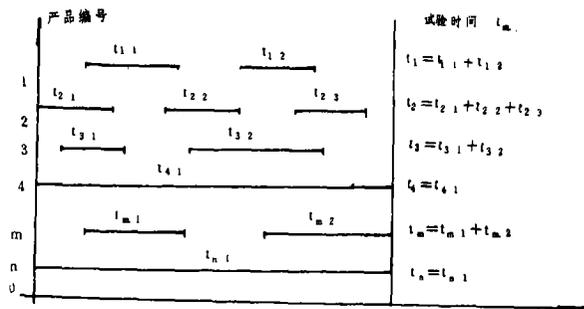


图18 试验时间累计示意图

可修复产品无故障工作时间的累计应为各被试样品的工作时间的总和, 计算公式如下式所示。

$$T = \sum_{m=1}^n \sum_j t_{m,j} \quad (42)$$

式中: n ——被试样品总数 $\sum_j t_{m,j}$ ——为第m个样品的试验时间总和

$t_{m,j}$ ——为第m个样品的第j次试验时间

表1 500kV线路故障及保护动作情况 J: 晶体管保护 Z: 整流型保护

故障顺序号	时间	故障线路	故障情况	保护动作情况		评价	
1	87.8.5 2° 27'	丰辽线	线路A ₀ 450~451#塔之间对树放电, 孤光接地。 辽侧3I ₀ ≈700A 丰侧3I ₀ =730A I _a =700A	辽阳侧	J: I ₀₂ 动跳A三相(0.5s) Z: 零序方向dI _{A,B}	零序正确1	
				东丰侧	J: Z: 主变零序二段1.0s跳主一次		
2	87.8.10 21° 03'	元董线	线路114#塔A ₀ 瓷瓶闪络。单相跳闸重合成功	元侧	J 高频A Z 高频A重合闸成功	√ 1 √ 2	
				董侧	J 高频A I ₀₁ Z 重合闸成功	√ 2 √ 1	
				辽阳侧	J Z I ₀₂ 跳三相	√ 3	
				东丰侧	J Z I ₀₂ 跳三相	√ 3	
3	87.8.29 16° 03'	丰辽线	辽侧3I ₀ =530~765A同1	辽阳侧	J Z I ₀₂ 跳三相	√ 3	
4	87.8.31 14° 35'			东丰侧	辽侧3I ₀ =550~765A同1	J Z I ₀₂ 跳三相	√ 3
5	87.8.31 16° 22'					J Z I ₀₂ 跳三相	√ 3
6	87.12.28 4° 57'	董辽线	浓雾造成线路B ₀ 56#塔瓷瓶闪络, 永久性故障。	辽阳侧	J ₁ 高频E、F、G重合闸不成功 Z ₁ 高频B重合闸不成功	√ 3 √ 3	
				董侧	J I ₀₁ 1%相速断重合闸信号Z ₂ 后加速 Z I ₀₁ 1%相速断重合闸动作Z ₂ 表示	√ 4 √ 5	
				辽阳侧	J 高频I ₀₁ Z 高频I ₀₁	√ 4 √ 4	
				董侧	J 高频I ₀₁ I ₀₁ '(高频A·F) Z 高频I ₀₁ I ₀₁ '(高频A·F)	√ 4 √ 4	
				董侧	J 侧路线高频C·I ₀₁ 重合闸不成功 Z 停用	√ 5	
9	87.12.28 5° 38'	董王线	线路C相接地故障, 重合闸成功后又经0.18s转A相故障。	王侧	J 高频C Z 非全相0.5s Z ₁ Z ₂ 动切A ₀ B ₀ 重合闸C ₀ 后非全相保护	√ 1 √ 2 ? 2	
				王侧	J 高频A Z I ₀₁	√ 1 √ 1	
10	87.12.28 6° 07'	董王线	王石变第一次强送不良A ₀ 故障跳三相	王侧	J 高频A Z I ₀₁	√ 1 √ 1	
11	87.12.28 7° 47'	董王线	王石变第二次强送不良A ₀ 故障跳三相	王侧	J 高频A Z I ₀₁	√ 1 √ 1	
12	88.1.14 6° 48'	董辽线	线路A ₀ 转C ₀ 故障, 转换时间25ms	辽阳侧	J 高频A·C·S·F I ₀₁ 'I ₀₁ Z 高频A·B·C相间	√ 5 √ 4	
				董侧	J 高频A·C·F I ₀₁ 速断S Z 高频A·C相间I ₀₁ 速断	√ 4 √ 4	
				辽阳侧	J 高频A·F I ₀₁ Z 高频A I ₀₁	√ 3 √ 2	
				董侧	J 高频A·F I ₀₁ Z 高频A I ₀₁ 高频后加速	√ 3 √ 3	
13	88.1.14 7° 50'	董辽线	同12, 转换时间0.26s	辽阳侧	J 高频A·B·C·S·F I ₀₁ 'I ₀₁ 速断 Z 高频A·B·C I ₀₁	√ 6 √ 4	
				董侧	J 高频A·F I ₀₁ Z 高频A I ₀₁ 高频后加速	√ 3 √ 3	
14	88.1.14 8° 05'	董辽线	辽阳侧手动强送成功后A ₀ 故障35ms转C ₀ 又经60ms转B ₀ 故障	辽阳侧	J 高频A·B·C·S·F I ₀₁ 'I ₀₁ 速断 Z 高频A·B·C I ₀₁	√ 6 √ 4	