

低压电器的可靠性问题

陆俭国 (河北工学院)

内 容 提 要

本文讨论了有关低压电器可靠性的三个问题,即提高低压电器元件可靠性之途径、低压电器元件可靠性指标的计算方法以及低压电器元件平均寿命等级之划分及鉴定方法。最后提出了若干建议。

一、前 言

低压电器元件的品种很多,已广泛用于自动控制系统及低压配电线路中,如其可靠性不高,很易发生故障或损坏,造成很大的经济损失,这种损失常常大大超过低压电器元件本身的费用。随着科学技术的不断发展与工业生产自动化程度的日益提高,一个系统所用元件的数量愈来愈多,如我国一米七轧机的控制系统中就用了几个万个低压电器元件。为了保证系统正常工作,这就要求低压电器元件要具有高度的可靠性。

可靠性的研究始于电子元件,后来逐渐扩展到其他部门如低压电器元件。美国早在1964年就已制订了“有可靠性要求的电磁继电器总规范”(MIL-R-39016),对继电器的可靠性等级及其鉴定方法作出了规定。国外对接触器、自动开关等低压电器元件的可靠性研究工作也正在积极开展。

我国也有不少单位正在积极进行低压电器元件可靠性的研究工作。本文对有关的几个问题加以讨论。关于可靠性的基本概念(如可靠性指标的定义、失效密度函数、累积失效分布函数及失效分布类型等),在有关书籍及资料[文1]、[文2]、[文3]等中均有所阐述,本文仅就提高低压电器元件可靠性的途径、低压电器元件可靠性指标计算方法以及低压电器元件平均寿命等级的划分及鉴定方法等方面加以讨论。

二、提高低压电器元件可靠性的途径

低压电器元件的结构比电阻、晶体管等电子元件要复杂,它有运动部分,易发生机械方面如卡死、零件疲劳折断等故障;它还有电磁部分,易发生线圈短路、断线、线圈通电时衔铁不能可靠吸合、线圈断电时因剩磁而使衔铁不能释放等故障;它还有触头灭弧装置部分,易产生接触不良、触点熔焊、

(上接23页)

在功能性评定试验中,特别强调各种因素的综合评定,因为这是保证绝缘结构质量的重要手段。

五、结论和建议

1. 积累现场运行资料的制度

电机的可靠性和寿命最终还是要通过现场运行来考验,功能性评定和可靠性检查试验是否确切反应质量也要通过现场运行证明。但是现场的情况十分复杂,所以只有积累大量资料,经过分析并用数理统计方法才能获得有意义的参数。这些资料对于开发绝缘结构和指导运行维护都很宝贵。国外有一套积累现场运行资料的方法,我国应该建立这种制度。

2. 全国应该统一规划典型绝缘结构的开发工作

结合新系列、新产品电机的发展,在若干年内

将第一批绝缘结构定型。为此,归口研究所必须具备成套的试验基地,充实必要的试验设备和人员,使其具备为行业服务的能力。

3. 电机厂应该有专职绝缘技术人员,负责绝缘结构工作

各厂都应有验收绝缘材料和测试绝缘结构性能的能力,中型规模以上的厂还要有承担筛选材料和对比评定试验的能力,共同完成行业的任务。

参 考 文 献

1. IEC Publication 505: Guide for the evaluation and identification of insulation systems of electrical equipment. 1975

2. IEC Publication 610: Principal aspects of functional evaluation. Aging mechanisms and diagnostic Procedures. 1975

3. IEC Publication 216-1: Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials. 1974

不能可靠断开电路等故障。因此, 低压电器元件的可靠性要比电阻、晶体管等电子元件低。影响低压电器元件可靠性的因素很多, 如设计、制造(包括原材料、生产工艺、生产环境等)、生产管理、试验、包装、贮存、运输、使用等很多方面, 因此, 要提高低压电器元件的可靠性应从多方面着手。

为了找出元件可靠性不高的主要原因, 一般应进行失效数据收集及分析。元件失效数据可从试验室试验及现场使用两方面收集。失效数据收集后, 一般采用主次图^(注1)及因果图^(注2)(见[文2]、[文3])等方法进行分析, 找出主要因素, 从设计、制造等各方面加以改进。

可靠性筛选试验也是提高元件可靠性的一个重要途径。例如密封继电器应进行密封检漏筛选、振动扫描筛选及高低温运行筛选。采用这些筛选试验, 可将原材料有缺陷、工艺方法不当或生产操作不慎等因素造成的易产生早期失效的元件剔除出去, 以提高整批元件的可靠性。

还应指出元件的可靠性与质量控制密切相关。在生产过程中对零部件的质量进行严格控制, 是提高元件可靠性的一个重要手段。

三、低压电器元件可靠性指标的计算方法

以上是对可靠性的高低作定性的分析。但一个元件的可靠性究有多高? 采取改进措施后, 其可靠性又提高了多少? 还需做定量计算。为此定义了一些可靠性指标(见[文2]、[文3]), 其中最常用的可靠性指标是平均寿命^(注3)或失效率^(注4)。

在一批元件中由于各种偶然因素的影响各个元件的寿命可能相差很多, 所以它是一个随机变量。在可靠性中常见的元件失效分布类型^(注5)有指数分布^(注6)、威布尔分布^(注7)、正态分布^(注8)及对数正态分布^(注9)。其中指数分布最为常见。为了求出某规格低压电器元件的平均寿命, 可从一批产品中抽取若干个样品进行寿命试验, 根据寿命试验结果可在威尔布概率纸^(注10)或正态概率纸^(注11)或对数正态概率纸^(注12)上, 用图估计法求出该低压电器元件的平均寿命(见[文2]、[文3])。当产品寿命服从指数分布时, 可用数理统计的方法求得简单而精确的平均寿命分析计算公式。最常用的计算方法为平均寿命的区间估计法及下限估计法。

1. 平均寿命的区间估计法

平均寿命 θ 的置信区间为 (θ_L, θ_U) , 其置信度

为 $1 - \alpha$ 。置信度的含义是指平均寿命真值 θ 落在所估计的区间 (θ_L, θ_U) 内的概率。对于定数截尾寿命试验^(注13)(其定义见[文2]、[文3]), 平均寿命的置信下限 θ_L 及置信上限 θ_U 为:

$$\theta_L = \frac{2T}{x_{2r, 1-\frac{\alpha}{2}}^2} \quad (1)$$

$$\theta_U = \frac{2T}{x_{2r, \frac{\alpha}{2}}^2} \quad (2)$$

对于定时截尾寿命试验^(注14)(其定义见[文2]、[文3]), 平均寿命置信下限 θ_L 及置信上限 θ_U 为

$$\theta_L = \frac{2T}{x_{2r+2, 1-\frac{\alpha}{2}}^2} \quad (3)$$

$$\theta_U = \frac{2T}{x_{2r, \frac{\alpha}{2}}^2} \quad (4)$$

式中 r 为试品失效数;

α 为显著性水平 ($1 - \alpha$ 为置信度);

$x_{2r, 1-\frac{\alpha}{2}}^2$ 为自由度为 $2r$ 的 x^2 分布的 $1 - \frac{\alpha}{2}$ 分位点;

$x_{2r+2, 1-\frac{\alpha}{2}}^2$ 为自由度为 $2r+2$ 的 x^2 分布的 $1 - \frac{\alpha}{2}$ 分位点;

$x_{2r, \frac{\alpha}{2}}^2$ 为自由度为 $2r$ 的 x^2 分布的 $\frac{\alpha}{2}$ 分位点;

x^2 分布的分位点值可由 [文1] 或 [文2] 或 [文3] 等资料查得。

T 为总试验次数。

对定数截尾寿命试验

$$T = \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_r \quad (5)$$

对定时截尾寿命试验

$$T = \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_G \quad (6)$$

式中 t_r 为第 r 个失效试品之失效时间(寿命);

n 为试品总数;

t_G 为定时截尾寿命试验之试验时间。

2. 平均寿命下限估计法

在置信度为 $1 - \alpha$ 时, 平均寿命 θ 之置信区间取为 (θ'_L, ∞) 。其含意是指平均寿命真值 θ 落在区

间 (θ'_L, ∞) 内的概率, 亦即 θ 大于 θ'_L 的概率等于置信度 $1 - \alpha$ 。

对于定数截尾寿命试验平均寿命下限估计法的置信下限 θ'_L 为

$$\theta'_L = \frac{2T}{x_{2r+2, 1-\alpha}^2} \quad (7)$$

对于定时截尾寿命试验, 置信下限 θ'_L 为

$$\theta'_L = \frac{2T}{x_{2r+2, 1-\alpha}^2} \quad (8)$$

式中 $x_{2r+2, 1-\alpha}^2$ 为自由度为 $2r$ 的 x^2 分布的 $1 - \alpha$ 分位点;

$x_{2r+2, 1-\alpha}^2$ 为自由度为 $2r + 2$ 的 x^2 分布的 $1 - \alpha$ 分位点。

[例] 如已知某规格继电器寿命服从指数分布, 如取30个样品进行寿命试验, 试验到 2×10^5 次结束, 试验结束时共有5个试品失效, 其失效时间(寿命)数据见表一。试在置信度 $1 - \alpha = 0.9$ 时, 用平均寿命区间估计法, 求其置信区间并用平均寿命下限估计法, 求其置信下限。

表一

t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
3.5×10^4 次	7×10^4 次	11×10^4 次	15×10^4 次	19×10^4 次

[解] 本试验为定时截尾寿命试验, 试验时间 $t_G = 2 \times 10^5$ 次, 试品失效数 $r = 5$, 总试验次数为

$$\begin{aligned} T &= \sum_{i=1}^r t_i + (n - r) t_G \\ &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + (n - r) t_G \\ &= (3.5 + 7 + 11 + 15 + 19) \times 10^4 + \\ &\quad (30 - 5) \times 2 \times 10^5 = 55.55 \times 10^5 \text{ 次} \end{aligned}$$

1. 平均寿命的区间估计法

置信度 $1 - \alpha = 0.9$ 时之置信下限 θ_L 为

$$\begin{aligned} \theta_L &= \frac{2T}{x_{2r+2, 1-\frac{\alpha}{2}}^2} = \frac{2 \times 55.55 \times 10^5}{x_{12, 0.95}^2} \\ &= \frac{111.1 \times 10^5}{21} = 5.29 \times 10^5 \text{ 次} \end{aligned}$$

置信上限为

$$\begin{aligned} \theta_U &= \frac{2T}{x_{2r, \frac{\alpha}{2}}^2} = \frac{2 \times 55.55 \times 10^5}{x_{10, 0.05}^2} \\ &= \frac{111.1 \times 10^5}{3.94} = 28.2 \times 10^5 \text{ 次} \end{aligned}$$

2. 平均寿命下限估计法

置信度 $1 - \alpha = 0.9$ 时之置信下限为

$$\begin{aligned} \theta'_L &= \frac{2T}{x_{2r+2, 1-\alpha}^2} = \frac{2 \times 55.55 \times 10^5}{x_{12, 0.9}^2} \\ &= \frac{111.1 \times 10^5}{18.5} = 6.01 \times 10^5 \text{ 次} \end{aligned}$$

四、低压电器元件平均寿命等级之划分及鉴定方法

我国低压电器元件目前尚未规定可靠性指标及划分可靠性等级, 目前考核元件寿命的方法为在型式试验中进行寿命试验(包括机械寿命试验及电寿命试验)。我国各低压电器元件标准, 规定寿命试验时, 抽两个样品进行试验, 如两个样品寿命试验都合格, 则这批产品的寿命试验通过; 如两个样品中只有一个样品寿命试验合格而另一个样品不合格, 则应再加倍抽取四个样品复试; 如复试中如仍有一个样品寿命试验不合格, 则这批产品的寿命试验未通过。如前所述, 低压电器元件寿命是一个随机变量, 分散性比较大, 因而根据少数样品的寿命试验结果来评价整批元件寿命的这种方法本身是不严格的, 亦即少数几个样品的寿命达到了规定指标不能保证整批元件的寿命都达到规定指标。[文5]中经分析指出: 当元件寿命服从指数分布时, 按现有低压电器型式试验的规定进行寿命试验合格的一批元件中, 其寿命能达到规定指标的比例可能只占31.4%。由此可见, 我国低压电器元件目前寿命指标的规定方法及考核方法是不合理的, 有加以改进的必要。比较合理的方法是规定元件的平均寿命作为它的寿命指标, 并采用数理统计的方法来进行考核。法国标准 NFC 63-110 “工业用低压控制设备——接触器”中规定了“对成批生产的电器, 特别是额定发热电流小于或等于40安的电器, 机械寿命试验是在生产的有代表性的样机上以重复方式进行, 每次试验应至少在5个接触器上进行, 制造厂在统计分析了试验结果后给定机械寿命数据”。可以看出, 这个标准是以平均机械寿命作为它的机械寿命指标的。

美国标准“有可靠性要求的电磁继电器总规范”(MIL-R-39016B)中规定了失效率作为它的可靠性指标, 并按失效率的大小来划分继电器的可靠性等级, 如表二所示:

一般密封继电器的寿命均服从指数分布, 故平

均寿命 θ 与失效率互为倒数, 因而可求出相应的最低平均寿命, 亦列于表二。

表 二

失效率等级	最大失效率 (%/10 ⁴ 次)	最低平均寿命 (10 ⁶ 次)
L	3	0.33
M	1	1
P	0.1	10
R	0.01	100

对于大部分低压电器元件来说, 其寿命包括机械寿命及电寿命, 所以采用平均机械寿命及平均电寿命作为可靠性指标较合适。因此, 对于低压电器元件 (首先对继电器、接触器等元件) 建议将其平均寿命作为它的寿命指标, 并按其平均寿命的高低划分成若干等级, 表三列出了平均寿命等级的一种划分方法, 当然也可将平均寿命等级划得更多、更密些。

表 三

平均寿命等级	最低平均寿命 (10 ⁶ 次)
I	10
II	1
III	0.1
IV	0.01

平均寿命等级鉴定时一般采用置信度 $1 - \alpha = 0.9$, 为了鉴定某一电器元件的平均寿命等级是否达到 I 级, 应鉴定其平均寿命是否达到 10×10^6 次。在 (8) 式中, 令平均寿命置信下限 θ_L 等于所要鉴定的 I 级之最低平均寿命 (10×10^6 次), 再选定产品失效数 r (例如选 $r = 5$), 则可得

$$10 \times 10^6 = \frac{2T}{x_{2r+2, 1-\alpha}^2} = \frac{2T}{x_{12, 0.9}^2} = \frac{2T}{18.55}$$

得 $T = 92.7 \times 10^6$ 次

即总试验次数 T 达到 92.7×10^6 次而失效数 r 等于 5 时, 该电器元件的平均寿命下限为 10×10^6 次, 即其平均寿命等级已达到 I 级。显然, 当 T 达到 92.7×10^6 次而失效数小于 5 时, 其平均寿命下限大于 10×10^6 次, 则其平均寿命等级更能达到 I 级。因此, 鉴定某一电器元件的平均寿命等级达到 I 级的判断方法为: 当寿命试验总试验次数 T 达到 92.7×10^6 次而试品失效数不超过 5 (即允许失效数 $c = 5$)。同样可计算得不同 c 值时的 T 值及其它各平均寿命

等级在不同 c 值时的 T 值, 如表四所示, 表四称为低压电器元件机械寿命或电寿命的平均寿命等级鉴定试验的抽样表。

表 四

平均寿命等级	最低平均寿命 (10 ⁶ 次)	总试验次数 T (10 ⁶ 次)					
		$c = 0$	$c = 1$	$c = 2$	$c = 3$	$c = 4$	$c = 5$
I	10	23	38.9	53.2	66.8	79.9	92.7
II	1	2.3	3.89	5.32	6.68	7.99	9.27
III	0.1	0.23	0.389	0.532	0.668	0.799	0.927
IV	0.01	0.023	0.0389	0.0532	0.0668	0.0799	0.0927

平均寿命等级鉴定试验时, 应先选定允许失效数 c , 再按所需定的平均寿命等级在表四中查出相应的总试验次数 T 值, 从而可确定鉴定试验的试品数。如试验至试品的总试验次数 T 达到由表四中查出的 T 值而试品失效数未超过所选定的允许失效数 c 时, 可认为该电器元件的平均寿命等级已达到所需定的级别。

最后应指出: 低压电器元件规定其平均寿命等级涉及到要修改低压电器元件的产品标准, 同时平均寿命等级的鉴定试验, 其工作量比目前的寿命试验工作量大, 所以这是一个涉及面较广而影响较大的问题。根据本文的分析, 这项工作无疑是合理而有价值的。考虑到低压电器元件的品种很多, 可先在继电器、接触器等元件做起, 然后再逐步推广; 同时考虑到负载等试验设备条件的限制, 可考虑先将机械寿命按平均机械寿命考核, 而电寿命则等试验设备等条件具备后, 再按平均电寿命考核。

参 考 文 献

- [日] 高木昇 “可靠性基础数学” 国防工业出版社 1977。
- 四机部标准化所 “可靠性基础” 1975。
- 河北工学院电器教研室 “可靠性技术” 1981。
- [日] 高木昇 “可靠性技术——设计、制造和使用” 国防工业出版社 1980。
- 陆俭国 “低压电器质量抽样检查的分析研究” 《低压电器技术情报》1981, No6

注 1: 主次图: 该图之横座标表示影响可靠性的各种因素 (按其对于可靠性影响程度的大小顺序排列), 纵座标表示各因素对可靠性影响的程度。从主次图可以清楚地看出影响可靠性之主要因素。

注 2: 因果图: 将影响可靠性的诸因素及其后果间之关系画成类似树枝状的图形称为因果图。

(下转第 28 页)

直线电机的发展和应用

胡之光 (上海工业大学)

内 容 提 要

本文介绍了直线电机的概况,重点是直线感应电动机。在评述了直线电机的发展过程之后,指出了它的优缺点,说明最近廿年来引起人们重视的原因。根据扬长避短的原则,直线电机的应用可归纳为功电机、能电机、力电机和信号电机四个方面,列举了一些代表性的实例。

一、直线电机的演变、结构和运行原理⁽¹⁾

如果设想把一台圆柱形的旋转电机沿着一条半径剖开,并且把它展成平面形状,那末,旋转运动的电机就变成直线运动的电机。所以,直线电机是一种发生电磁推力的装置,将电能直接转换成直线运动的机械能的装置。

任何类型的电机都可以直线化。但是要使电机的结构简单、馈电方便,直线感应电机则具有独到之处。为了使直线运动的速度和位置易于控制、反应灵敏,在短行程运动的场合,直线式的步进电机和直线式的永磁直流电机也已经得到应用。对直线同步电机已经进行了不少研究,主要是想与超导磁悬浮结合起来应用于高速列车上。直线电机在最近廿年来发展很快,各国都在进行研究、试制和推广

应用,目前以直线感应电机最为普遍。本文主要是介绍直线感应电机,除了特殊的说明外,为了简单起见,把直线感应电机就简称为直线电机。

图1是以感应电机为例说明直线电机的演变过程,这种型式称为扁平型直线电机。在气隙两边的部件中,任意一个都可以作为运动部分,因此,定子和转子的名称已经不能适用,而不得不改称初级(指电能馈入部分)和次级,为了使直线运动持续到所需要的位置,初级或次级中的任一个必须延伸到运动所到达的地方,因此又有短初级和短次级之分,见图2。短初级的制造成本和运行费用比短次级的低得多,因而得到广泛采用。在次级的一边具有初级的,称为单边型;而在次级的两边都装有初级的,称双边型,见图3。双边型结构可以抵消初

(上接第27页)

注3:平均寿命:对不可修复的产品来说,它是指产品发生失效(失效是指产品丧失规定的功能)前的平均工作时间(或操作次数)。

注4:失效率:指产品工作到 t 时刻后的单位时间内发生失效的概率。

注5:分布类型:指随机变量的密度函数 $f(x)$ 或累积分布函数 $F(x)$ 的函数类型。

注6:指数分布:密度函数为下式的分布称为指数分布

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda(x-\nu)} & (x > \nu) \\ 0 & (x < \nu) \end{cases}$$

注7:威布尔分布:密度函数为下式的分布称为威布尔分布

$$f(x) = \begin{cases} \frac{m}{t_0} (x-\nu)^{m-1} e^{-\frac{(x-\nu)^m}{t_0}} & (x \geq \nu) \\ 0 & (x < \nu) \end{cases}$$

注8:正态分布:密度函数为下式的分布称为正态分布

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (-\infty < x < \infty)$$

注9:对数正态分布:密度函数为下式的分布称为对数正

态分布

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\lg x - \mu}{\sigma}\right)^2} & (x > 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases}$$

注10:威布尔概率纸:是一种特制的坐标纸。它的纵座标有两把刻度尺,分别叫 y 尺和 $F(t)$ 尺,其间关系为

$y = \ln \ln \frac{1}{1-F(t)}$,它的横座标也有两把刻度尺,分别叫 x 尺及 t 尺,其间关系为 $x = \ln t$ 。 x 尺及 y 尺为等距刻度, t 尺及 $F(t)$ 尺为不等距刻度。

注11:正态概率纸:也是一种特制的坐标纸。它的横座标为等距刻度的 t 尺,它的纵座标为不等距刻度 $F(t)$ 尺。

注12:对数正态概率纸:它也是一种特制的坐标纸。它与正态概率纸的差别只在于 t 尺的刻度不同,正态概率纸的 t 尺是等距刻度而对数正态概率纸的 t 尺为对数刻度。

注13:定数截尾寿命试验:指试品失效数达到规定的数值时试验就停止的寿命试验。

注14:定时截尾寿命试验:指试验时间(或操作次数)达到规定时间(或次数)试验就停止的寿命试验。



论文写作，论文降重，
论文格式排版，论文发表，
专业硕博团队，十年论文服务经验



SCI期刊发表，论文润色，
英文翻译，提供全流程发表支持
全程美籍资深编辑顾问贴心服务

免费论文查重：<http://free.paperyy.com>

3亿免费文献下载：<http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重：http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载：<http://ppt.ixueshu.com>

阅读此文的还阅读了：

- [1. 高原环境对低压电器产品的影响及其对策](#)
- [2. 2007中国（温州）国际电力电工及高低压电器展览会](#)
- [3. 智能型防碰天车装置的安全可靠性分析](#)
- [4. 内生式产业转型升级的经验：电器产业的案例](#)
- [5. 免维护蓄电池在山西电网中的运行](#)
- [6. 低压电器可靠性的现场调查和分析研究\(续\)](#)
- [7. 论电网运行的可靠性](#)
- [8. 第三届低压智能配电系统技术论坛暨智能电器及系统整体解决方案研讨会在上海隆重召开](#)
- [9. 电器可靠性工作的发展](#)
- [10. 低压成套开关设备中电器元件安装应注意的几个问题](#)
- [11. “低压电器之都”的可靠性之路](#)
- [12. 正泰电器:自主创新 全力打造高性价比N7系列 访浙江正泰电器股份有限公司副总工程师李俐](#)
- [13. 低压电器的可靠性及其试验研究\(六\)](#)
- [14. 国内低压电器智能化技术的领跑者](#)
- [15. 变电站自动化系统可靠性分析及防范措施](#)
- [16. 施耐德电气旗下5家合资企业荣膺中国电气工业100强深耕中国市场助力推进绿色经济发展](#)

- [17. 可靠性解析技术发展战略](#)
- [18. 试论提高继电保护可靠性的措施](#)
- [19. 计算机网络可靠性的探讨](#)
- [20. 有关低压电器故障检修要领的探讨](#)
- [21. 低压电器蓬勃发展——拭目以待国产低压电器应用的春天](#)
- [22. 免维护蓄电池在山西电网中的运行](#)
- [23. 谈低压电器设备运行存在的问题与维护](#)
- [24. 低压用电设备过电压保护器的研制和试验](#)
- [25. 可靠性管理在运作中的问题简要分析](#)
- [26. 低压电器品牌建设之我见](#)
- [27. 低压电器的计算机辅助设计\(I\)](#)
- [28. 国内外低压电器可靠性研究工作的概况及展望](#)
- [29. 低压电器可靠性概况及其发展](#)
- [30. 低压电器温升试验的不确定度分析](#)
- [31. 低压电器级联技术的应用和发展趋势](#)
- [32. 低压电器的可靠性及其试验研究\(三\)](#)
- [33. 提高计算机网络可靠性的方法研究](#)
- [34. 船舶自动化导航存在的问题与对策](#)
- [35. 低压电器通断能力试验PLC控制系统](#)
- [36. 低压电器的可靠性及其试验研究\(二\)](#)
- [37. 试论资产减值会计信息的可靠性](#)
- [38. 谈谈PLC在工业应用中的几点问题](#)
- [39. 关于电力设备状态检修问题及解决措施探析](#)
- [40. 第二届中国智能电工技术论坛在沪举行](#)
- [41. 建筑工程中低压电气安装施工探究](#)
- [42. 低压电器的可靠性及其试验研究\(五\)](#)
- [43. 低压电器混合式无弧开断技术探讨](#)
- [44. 施耐德的垄断“阴谋”](#)
- [45. 塑壳断路器回路电阻的在线检测](#)
- [46. 基于ATT7022A的低压无功补偿控制器研制](#)
- [47. 温州：垃圾堆里“淘金”](#)
- [48. 应用信息技术推动低压电器技术发展](#)
- [49. 初论工业自动化仪表的选型](#)
- [50. 低压电器的监测保护分析](#)