

GONGYONGDIAN SHEBEI CHANGJIAN
GUZHANG

PAICHU SHILI

供用电设备常见故障排除实例

陈家斌 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

GONGYONGDIAN
SHEBEI
CHANGJIAN
GUZHANG
PAICHU SHILI

供用电设备常见故障排除实例

陈家斌 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍了供用电设备经常发生的各种故障的具体现象、原因分析,查找及排除方法,并从理论和实践上提出避免事故的对策。本书共九章,分别介绍了电气设备故障排除方法及电力线路、高压配电设备、变压器、电机、二次设备、电能计量装置、低压电器、低压线路、照明装置故障排除实例。

本书理论联系实际,通俗实用,适合广大城乡电工在生产作业中参考使用,特别适合于从事电气设备运行维修的青年职工使用,也可供大中专院校电气专业师生学习参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

供用电设备常见故障排除实例/陈家斌编. —北京:
中国电力出版社, 2008
ISBN 978-7-5083-6300-4

I. 供… II. 陈… III. 供电-电气设备-故障修复
IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 178480 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 16 印张 423 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 委 名 单

主 编：陈家斌 杜 坚 孙 彤

副主编：康 巍 雷 明 季 宏 孟凡中

马 雁 朱秀文 许红卫 陈 蕾

张露江 李文霞 葛秦岭 秦宇翔

张模成

编 委：殷俊河 沈 磊 牛新平 段志勇

李强友 郭宝明 孟建峰 张建村

吴 起 杨 巍 张建乡 李明明

常 健 闫志刚 陈文利 杨 光

张永刚 刘 锐 郭 锐 刘宏伟

王德龙 周 勇 周卫民

前言

供用电设备常见故障排除实例

随着电力应用迅速扩大,对电力职工的技术要求也相应提高。对于新上岗者,在运行、检修和试验中往往对常见的故障缺乏快速处理能力,以致发现不了电气故障的原因所在而造成误判断、误处理,使可以避免的事故没能防止或使事故扩大,造成不应有的损失。即使有一定工作年限的人员,也难以全面掌握各种设备的常见故障排除技术。为提高广大供用电专业人员,特别是提高电工解决实际问题的能力,我们整理收编了一些电气设备常见故障排除实例,供广大供用电职工在岗位工作中学习参考。

本书内容涉及面广,通俗实用,所列事故实例是从实际工作中总结出来的,可帮助广大电力工作者正确判断事故原因,提高处理故障的能力,从而节省分析问题、排除事故的时间,减少和避免失误,提高工作效率,提高电网供电可靠性,增大供电量,提高企业和社会效益。

电气事故具有多样性、复杂性,本书所述的每一个电气事故实例为一种故障类型,读者可参考本书所列实例举一反三,如果读者在本书的引导下,能够从实践中学习、总结、探索、提高,增强解决工作中实际问题的能力,我们将倍感欣慰。

由于编者水平和掌握的资料有限,我们的想法和做法也许不能满足广大读者的需求,书中不当之处敬请批评指正。

编者

2007年12月

目 录

供用电设备常见故障排除实例

前言

第一章 电气设备故障排除方法	(1)
第一节 电气设备故障排除方法及步骤	(1)
第二节 利用人体感官查找设备故障	(7)
第三节 利用仪表仪器检测诊断设备故障	(12)
第二章 电力线路故障排除实例	(31)
第一节 电力线路雷害故障排除实例	(31)
第二节 电力线路污闪故障排除实例	(54)
第三节 架空线路导线覆冰故障排除实例	(69)
第四节 架空线路导线风害故障排除实例	(79)
第五节 架空线路鸟害故障排除实例	(90)
第六节 架空线路导线断线故障排除实例	(95)
第七节 架空线路绝缘子故障排除实例	(110)
第八节 电力电缆线路故障排除实例	(121)
第三章 高压配电设备故障排除实例	(134)
第一节 断路器故障排除实例	(134)
第二节 隔离开关故障排除实例	(143)
第三节 断路器操动机构故障排除实例	(148)
第四节 高压开关柜故障排除实例	(157)
第五节 熔断器故障排除实例	(163)
第六节 电压互感器故障排除实例	(168)
第七节 电流互感器故障排除实例	(181)
第八节 电容器故障排除实例	(198)
第九节 避雷器故障排除实例	(213)

第十节	绝缘子故障排除实例	(230)
第十一节	接地装置故障排除实例	(236)
第四章	变压器故障排除实例	(246)
第一节	变压器渗漏油故障排除实例	(246)
第二节	变压器输出电压异常故障排除实例	(254)
第三节	变压器过热故障排除实例	(260)
第四节	雷击变压器故障排除实例	(282)
第五节	变压器喷油故障排除实例	(284)
第六节	变压器放电故障排除实例	(288)
第七节	变压器油故障排除实例	(296)
第八节	变压器其他故障排除实例	(305)
第五章	电机故障排除实例	(319)
第一节	发电机故障排除实例	(319)
第二节	电动机故障排除实例	(337)
第三节	单相电动机故障排除实例	(355)
第四节	低压发电机故障排除实例	(359)
第六章	二次设备故障排除实例	(372)
第一节	直流电源故障排除实例	(372)
第二节	二次回路故障排除实例	(375)
第三节	电力继电保护故障排除实例	(386)
第七章	电能计量装置故障排除实例	(394)
第一节	电能表故障排除实例	(394)
第二节	测量计量回路故障排除实例	(401)
第八章	低压电器故障排除实例	(413)
第一节	低压断路器故障排除实例	(413)
第二节	隔离开关故障排除实例	(422)
第三节	熔断器故障排除实例	(427)
第四节	按钮故障排除实例	(435)

第五节	交流接触器故障排除实例·····	(437)
第六节	继电器故障排除实例·····	(451)
第七节	低压配电柜故障排除实例·····	(460)
第八节	剩余电流动作保护器故障排除实例·····	(469)
第九章	低压线路及照明装置故障排除实例·····	(474)
第一节	低压线路故障排除实例·····	(474)
第二节	开关、插座故障排除实例·····	(487)
第三节	照明灯具故障排除实例·····	(489)

第一章

电气设备故障排除方法

第一节 电气设备故障排除方法及步骤

电气设备常见的故障有：电源故障（电压、频率偏差，极性接反，相序改变），线路故障（断线，短路，接地，接线错误），设备和元件故障（过热烧毁，电击穿，性能变劣）等。

一、电气设备故障的特点

（1）电的不可见性。一个物体是否带电，虽然可以从电转换成声、光、机械运动等宏观现象看到，但在许多情况下物体是否带电，肉眼是分辨不清的。例如，水在管道里流通，人们能感觉到。但电流在导线中流通，则不能直接感觉到。因此，电气装置出了故障，其故障则具有很大的隐蔽性，为查找故障带来了很大的困难。

（2）电的传播速度极快。电流在导线中的传播速度接近光速，即 300000km/s 。因此，电气设备故障发生后，电能释放极快。大多数电气设备故障往往在瞬间发生、发展，并酿成灾祸。这种突然性更为故障的预防带来了困难。

（3）电气设备故障形式集中，原因多样。如某电动机装置出现故障，不论是什么情况，最集中的表现是电动机不能工作，但故障处不一定在电动机，也可能是电源、电路故障等。即同一种故障形式，其故障的原因多种多样，这也给查找故障带来了困难。

（4）故障区域性广。一种电气设备能实现某种功能，但其元件的分布区域可能很广。如某水泵电动机安装地点在水源附近的水泵房，但水泵电动机的供电电源在配电房，而水泵电动机的控制（启动和停止）则在远离配电室和水泵房的控制室。这也就决定了水泵电动机的故障区域在一个较广的范围内，给查找电气设

备故障带来了困难。再如电力线路线长面广，故障不易查找。

二、电气设备故障原因的查找分析方法

电气设备故障现象是多种多样的，如同一类故障可能有不同的故障现象，不同类故障可能是同种故障现象。这种故障现象的同一性和多样性给查找故障带来了困难。但是，故障现象是查找电气设备故障的基本依据，是查找电气设备故障的起点，因而要对故障现象仔细观察分析，找出故障现象中最主要、最典型的方面，弄清故障发生的时间、地点、环境等。

根据故障现象分析故障原因，是查找电气设备故障的关键。分析的基础是电工基本理论，是对电气设备的构造、原理、性能的充分理解，是与故障实际的结合。某一故障产生的原因可能很多，重要的是在众多原因中找出最主要的原因。

电气设备故障时，通常需要采用的分析方法如下。

（一）状态分析法

发生故障时根据电气设备所处的状态进行分析。电气设备的运行过程总可以分解成若干个连续的阶段，这些阶段也可称为状态，如电动机工作过程可以分解成启动、运转、正转、反转、高速、低速、制动、停止等工作状态。电气设备故障总是发生于某一状态，而在这一状态中，各种元件又处于什么状态，如电动机启动时，哪些元件工作，哪些触点闭合等，是分析故障的重要依据。

（二）图形分析法

电气设备图是用以描述电气设备的构成、原理、功能，提供装接和使用维修信息的依据。分析电气设备必然要使用各类电气图，根据故障情况，从图形上进行分析，这就是图形分析法。电气设备图种类很多，如原理图、构造图、系统图、接线图、位置图等。分析电气设备故障时，常常要对各种图进行分析，并且要掌握各种图之间的关系，如由接线图变换成电路图、由位置图变换成原理图等。

（三）单元分析法

电气设备总是由若干单元构成的,每一个单元具有特定的功能。电气设备故障意味着某功能的丧失,由此可判定故障发生的单元。分析电气设备故障就应将设备划分为单元(通常是按功能划分),进而确定故障的范围,这就是单元分析法。

(四) 回路分析法

电路中任一闭合的路径称为回路,回路是构成电气设备电路的基本单元。分析电气设备故障,尤其是分析电路断路、短路故障时,常常需要找出回路中元件、导线及其连接,以此确定故障的原因和部位,这就是回路分析法。

(五) 推理分析法

电气设备中各组成和功能都有其内在的联系,如连接顺序、动作顺序、电流流向、电压分配等都有其特定的规律,因而某一部件、组件、元件的故障必然影响其他部分,并表现出特有的故障现象。在分析电气设备故障时,常常需要从这一故障联系到对其他部分的影响,或由某一故障现象找出故障的根源。这一过程就是逻辑推理过程,也就是推理分析法。推理分析法又分为顺推理法和逆推理法。

(六) 简化分析法

电气设备的组成部件、元件,虽然都是必需的,但从不同的角度去分析,总可以划分出主要的部件、元件和次要的部件、元件。分析电气设备故障就要根据具体情况,注重分析主要的、核心的、本质的部件、元件,这种方法称为简化分析法。

(七) 树形分析法

电气装置的各种故障存在着许多内在的联系,如某装置故障“1”可能是由于故障“2”引起的,故障“2”可能是由于故障“3”、“4”引起的,故障“3”又可能是……如果将这种种故障按一定顺序排列起来,则形似一棵树,被称为故障树。

根据故障树分析电气故障,在某些情况下更显得条理分明、脉络清晰,这也是常用的一种故障分析方法。

(八) 计算机辅助分析法

利用计算机对复杂的电气设备和电气网络等进行故障分析与处理,在某些情况下提供了很大的方便。计算机在故障分析中的应用通常有以下几种方法:

(1) 状态模拟。将电气设备、网络中各种部件、元件的工作状态用“1”和“0”表示,如接通、有电流、高电位为“1”状态,而断开、无电流、低电位为“0”状态,当A触头故障断开,A电路无电流,A设备电位为0,则上述状态均变为“0”,计算机便可从这些状态变化中找出发生故障的部件、元件。

(2) 参数比较分析法。将电气设备,网络中各部件、元件的各种运行正常参数预先储存于计算机中,将测试出的某些参数输入计算机中,由计算机进行分析、比较,判断出其中的故障。参数输入的方式还可以通过电压、电流、温度、压力、位移等传感器和电平转换器直接输入计算机中。

三、电气设备故障部位的确定方法

确定故障部位是查找电气设备故障的最终目的。确定故障部位可理解成确定设备的故障点,如短路点、损坏元件等,也可理解成确定某些运行参数的变异,如电压波动、三相不平衡等。

确定故障部位是在对故障现象进行周密的考察和细致分析的基础上进行的。在这一过程中,往往要采用多种手段和方法。

(一) 直接感知

有些电气设备故障可以通过人的手、眼、鼻、耳等器官,采用摸、看、闻、听等手段,直接感知故障设备异常的温升、振动、气味、响声等,确定设备的故障部位。

1. 通过对声音和振动的观测发现故障

任何电气设备在运行中都会发生各种声音和振动。这些声音和振动是运行中设备特有的,也可以说这是表示设备运行状态的一种特征。如果仔细地注意观察这种声音和振动,就能通过检测声音的高低、音色的变化和振动的强弱来判断设备的故障。

利用人的感觉来检测声音或振动的方法有下列几种:单用耳朵听检测、利用听音棒检测、用检查锤检测和用手摸凭触觉

检测。

用上述方法,虽可通过对声音和振动的感觉来判断设备的情况,但任何一种方法都是根据响声或不规则的振动声,与正常运行时的声音、振动有某些差异,才能判断有故障。当然,不能单凭声音高或低的绝对值,而是要根据与平时运行时的微小差别来判断,所以仔细记住稳定运行时的节奏是必要的。

2. 从温度的变化发现故障

各种电气设备和器材,不管是静止的还是旋转的,只要有电流通过,总会产生热量。另外,在旋转设备中还会因可动部分与固定部分的摩擦而发热,使温度上升。但是这种温升通常总是在额定温度以下的一定温度时达到饱和,使设备能连续运行。

无论发生何种电气方面或机械方面的不正常情况,都会通过温度的变化表现出来,即温度升高至额定温度以上。所以,电气设备可通过其温度是否高于正常情况来判断有否故障,温度升高就会成为显著缩短电气设备寿命的重要原因。这就表明,电气设备必须在适当的温度范围内使用。

检测温度变化的简单方法:用手摸、示温蜡片、装温度计、红外线测温仪。

3. 从气味变化发现故障

人类感觉所能够反映的现象中,气味是尚未有科学的通用标准的现象之一。虽然已有一些如用6个等级来表示气味强度的气味、香水气味等表示法,但还没有通用性。显然,对气味的感觉因人而异。如对电气产品,有的人在安装运行的开始阶段就会感到有异样的气味,有的人则不会嗅到。不过,当电气产品(主要是绝缘材料)烧起来时产生的气味(刺鼻的奇臭),却是大家都能嗅到并能辨别的。

另外,这个方法不同于后面将要叙述的目测方法,气味是会自然而然被感觉到的东西。当人进入配电间或在检查电气设备时,如嗅到有什么特殊气味,就会促使他调查有没有冒烟的地方,有没有变色的部位,这就是有意识的一次性检测。从这个意

义上说来,嗅气味是很重要的检查项目。但是,单凭气味尚不可能确定故障,只有综合对外观和变色的检查结果后才比较完整。

4. 检查外观和变色发现故障

在电气设备故障中,通过检查外观和变色能发现的故障非常多。这些统称为通过目测能进行的异常现象判断。

通过目测检查能够发现的现象如下:破损(断线、带伤、粗糙)、变形(膨胀、收缩)、松动、漏油、漏水、漏气、污秽、腐蚀、磨损、变色(烧焦、吸潮)、冒烟、产生火花、有无杂质异物、动作不正常。这些均是已经列在检查规程的条目中的现象,把发现的现象与每一种电气设备一一对应列出分析就能发现故障。

(二) 仪器检测

许多电气设备故障靠人的直接感知是无法确定部位的,而要借助各种仪器、仪表,对故障设备的电压、电流、功率、频率、阻抗、绝缘值、温度、振幅、转速等进行测量,以确定故障部位。如通过测量绝缘电阻、吸收比、介质损耗,判定设备绝缘是否受潮;通过直流电阻的测量,确定长距离线路的短路点、接地点等。

(三) 类比法

在有些情况下,可采用与同类完好设备进行比较来确定故障的方法。如一个线圈是否存在匝间短路,可通过测量线圈的直流电阻来判定,但直流电阻多大才是完好却无法判别,这时可以与一个同类型且完好的线圈的直流电阻值进行比较来判别。又如,某设备中的一个电容是否损坏(电容值变化)无法判别,可以用一个类型的完好的电容器替换,如果设备恢复正常,则故障部位就是这个电容。

(四) 试探法

在确保设备安全的情况下,可以通过一些试探的方法确定故障部位。如通电试探或强行使某继电器动作等,以发现和确定故障的部位。

第二节 利用人体感官查找设备故障

利用人体感觉器官检查分析设备故障的因果关系。虽然这些远远满足不了现代设备的要求,但是日常巡视检查,人体感官这种检查手段仍然用得很广泛,用眼睛看、耳朵听、手摸、鼻子嗅等所谓 5 种感官功能作为初步的检查后进行精密的检查。

一、人体感官检测特性

人体感觉的特性是通过声音、振动、气味、变色等感觉来判断电力设备的异常状态。了解人体感官检测的特性,可以在一定程度上提高检测的准确性。人类工程学告诉我们人体感觉的诸多特性,可通过声音、振动、气味、变色等感觉来判断电力设备的异常状态。人体的感觉与各种传感器有很多相似之处。例如,存在着灵敏度(刺激阈)、分辨力(辨别阈)、动态范围、反应时间以及非线性问题。但是人的感觉由于掺杂着因人而异的种种主观因素而且感觉的程度难以定量表示,只能通过语言近似描述(模糊概念),这就影响了诊断结果的统一性和科学性。

(一) 人眼的视觉特征

人眼的视觉特征包括视野、视力、对比感度以及适应性等。

人眼对不同的光线产生不同的颜色感觉,而且对不同波长的光还有不同的敏感程度,如对波长为 555nm 的黄绿光最敏感。根据主观感觉测试,人们比较几种波长不同而辐射量相同的光时,会感到黄绿光最亮,而对波长较长的红光和波长较短的紫光却感到暗得多。

(二) 听觉特征

设备振动会发出噪声和异音,根据振幅和频率可以发现运行负荷变化,对故障内容进行分析,其分析内容有:

(1) 听诊器(针状听诊器)。在设备启动时和设备运行中,把针状听诊器尖端触及设备一个死角内,一端放在耳朵上,听设备是否有间断摩擦声或振动声,分析其是否有摩擦、断齿、过负

荷等异常。

(2) 手锤。有时用手锤敲打零件,听其发出声响,检查是否有裂纹、松动、合金瓦脱壳等现象。发出清脆金属声则是正常,发出破裂声或杂音说明有问题。

(3) 运行中异音判断。振动和噪声是一对孪生信号,前者由设备直接发出,后者通过空气传导,产生噪声称为“可听振动”。

1) 泄漏声,有蒸汽和水喷出的声音(嘶嘶声)。

2) 突变声,在水泵运行中发生异常变化,突变音较轻,可能是缺水,如声音过重可能是过负荷。旋转设备有减速齿轮断裂,掉叶片等突发声。

3) 频率过高,也就是噪声过高,噪声是以分贝计算的,平时说话为 60~70dB,汽轮机正常运转声为 100~110dB,噪声过高可能是设备振动发生不平衡引起的。

(三) 人体的冷热感

人体冷热感很容易受到主观因素的影响。冷热不仅与感觉的客体有关,而且与皮肤供血的变化及中枢反应性有关,因此人与人之间会存在着明显的差别。

根据主观感觉结合物理因素而制定的冷热衡量指标有多种,其中应用最广泛的是有效温度。它是人体在不同温度、湿度和风速的综合作用下所产生的冷热感觉指标。它以风速为零而相对湿度为 100% 的条件下使人产生某种冷热感觉的空气温度,来代表不同风速、相对湿度、空气温度而使人产生同一热感觉为基础。

电力设备温度手测经验如表 1-1 所示。

表 1-1

用手测定温度

温度 (°C)	感 觉	手 测 经 验
30	稍稍凉	比体温低,感到稍稍凉一些
40	稍有温感	用手摸稍有温感
45	温	手摸有温感

续表

温度 (°C)	感 觉	手 测 经 验
50	稍稍热	用手一接触,手接触面变红色
55	热	用手接触,热的感受不能超过 5~7s
60	热	用手接触,热的感受不能超过 3~4s
65	非常热	用手可以接触 2~3s,手离开后热度仍留在手上
70	非常热	一只手指接触只能停留 3s 左右
75	特别热	一只手接触可以忍耐 1.5~2s,稍稍一接触就放开,手感到火辣辣烫得难受
80	热到已经烧坏	热的程度,手掌平放不能碰,一只手指可以忍耐 1~1.5s,乙烯脂布接触后即熔化
85~90	热到已经烧坏	用手瞬间接触,手即反射回来

(四) 人体对振动的感受

生物力学研究证明,人体对垂直方向的振动在 4~8Hz 的频率处有一最大共振动峰,称为第一共振峰,该频率范围内的振动对人体有最大的传递。在 10~12Hz 与 20~25Hz 附近分别有两个较小的共振动峰,分别称为第二、第三共振峰,它们也有较大的传递。第一共振峰取决于胸腔的共振,对胸腔内影响最大;第二共振峰由腹腔的振动频率决定,故对腹部内脏影响最大。

如前所述,感官测定与仪器测定有很多不同之处。主要差别是:感官测定受环境、人的知识业务水平、生理及心理状态影响大,而且语言表述不确切,难以数量化。因此,在诊断技术实践中如何将大量存在着的感官测定结果数量化,就是提高诊断科学性、准确性所必需的了。

目前采用的数量化方法有分类法、评分法和比较法等。

日常维修和运行中,常用手摸测试,其经验如下:手摸测试方法,食指、中指和无名指轻按轴瓦,机身振动部位。经验标准如表 1-2 所示。