

30135

农村电网配电设备操作技能丛书

怎样 查找电气设备故障

陈家斌 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

农村电网配电设备操作技能丛书

怎样

查找电气设备故障

陈家斌 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本套书共4册,本书主要介绍10kV及以下供用电设备,共8章,分别介绍电气设备故障原因及查找方法、高压电器、电力变压器、架空线路、电缆线路、低压电器、电动机、电气照明装置的故障查找。

本书通俗易懂,重点突出,立足岗位实用。

本书供广大城乡工矿企事业电工参考,也可作为电工培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

怎样查找电气设备故障/陈家斌编. - 北京:中国电力出版社,2005

(农村电网配电设备操作技能丛书)

ISBN 7-5083-3162-1

I. 怎… II. 陈… III. 农村配电-电气设备-故障检测 IV. TM727.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第015455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

*

2005年7月第一版 2005年7月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 9.25印张 260千字
印数 0001—3000册 定价 18.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《农村电网配电设备操作技能丛书》

编 写 人 员

主 编：陈家斌

副 主 编：王德华 罗 召 夏 萍 高 建

编写人员：雷 明 郑金科 李拥军 刘竞赛

崔军朝 马 雁 牛新平 王云浩

季 宏 郭宝明 殷竣河 景 胜

葛秦岭 朱秀文 李强有 张露江

刘 辉 李 琦 孟建峰 郭 琦

沈 磊 段志勇 孟凡中 吴 建

前言

随着时代的变迁,社会的进步,电力工业也得到了飞速的发展,各种电气设备随着科技创新而日益增多,从电网到用户的设备不断得到了更新换代。电力职工专业技术水平也必须跟上时代的发展,才能保证电网的安全运行、可靠供电。为满足广大青年职工岗位技能的需要,我们组织电力系统一线专家编写一套《农村电网配电设备操作技能丛书》供参考。这套丛书的出版必将对广大电力青年职工提高岗位技能起到积极的促进作用。

这套书共分4册,分别为:《怎样安装电气设备》、《怎样处理电气设备运行中的异常》、《怎样查找电气设备故障》、《怎样维修电气设备》。

这套书的特点:一是涵盖面较宽,较为系统全面,对10kV及以下供用电设备的安装、维修、故障查找、运行中的异常处理等内容进行了介绍;二是内容简明扼要、通俗易懂、简便实用、易于操作,全套书贯穿着电工岗位应知应会技能知识,便于自学;三是实用性强,以实际应用为出发点和归宿的原则,注重实践性和可操作性,尤其是对广大的青年职工起到“一学就会,拿来就用,立竿见影”的效果,职工阅读学习这套书就能很快胜任本职工作;四是本套书以现行国家技术标准、规范进行的组稿。

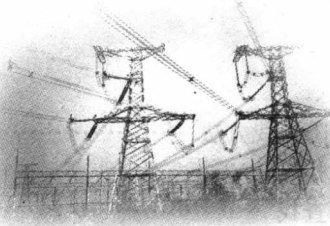
本套书在编写过程中得到了电力系统的一些专家、学者和厂家大力支持,给予提供一些技术资料和实践工作经验,在这里表示真诚的感谢。

本书为《怎样查找电气设备故障》，主要介绍了变压器、高压电器、电力线路、电动机、电气照明装置等设备的故障查找。本书所介绍的方法都是从实际工作中总结得来的，可帮助广大电工正确查找电气设备故障，提高工作效率，避免不应有的损失，为企业和社会争取更大效益。

由于编者水平和接触面有限，书中定有不妥之处，恳请读者、专家给予指正。

编 者

2005 年 3 月



目录

前言

第一章 电气设备故障原因及查找方法 1

第一节 电气故障的分类及特点 1

第二节 电气设备发生故障的原因 3

第三节 电气设备故障查找方法及步骤 14

第二章 高压电器故障查找 25

第一节 SF₆ 断路器的故障查找 25

第二节 真空断路器的故障查找 31

第三节 断路器操动机构故障查找 35

第四节 隔离开关的故障查找 40

第五节 互感器的故障查找 48

第六节 避雷器的故障查找 55

第七节 并联电容器的故障查找 58

第三章 电力变压器故障查找 70

第一节 变压器的故障类型 70

第二节 变压器故障的查找方法 72

第三节 变压器温升过高的故障查找 79

第四节 变压器输出电压异常的故障查找 88

第五节 变压器其他故障查找 98

第四章 架空电力线路故障查找 109

第一节 架空电力线路的故障类型及原因 109

第二节	架空电力线路故障查找方法	113
第三节	线路断路事故查找	118
第四节	线路短路的故障查找	121
第五节	线路接地的故障查找	123
第六节	线路其他故障的查找	125

第五章 电缆线路故障查找 131

第一节	电缆线路的故障类型及原因	131
第二节	电缆线路故障查找方法	135
第三节	电缆线路故障的查找步骤	139
第四节	电缆故障检测查找方法的选择	147

第六章 低压电器的故障查找 149

第一节	低压开关的故障查找	149
第二节	接触器的故障查找	155
第三节	熔断器的故障查找	164
第四节	剩余电流保护器常见故障查找	169

第七章 电动机的故障查找 184

第一节	电动机的故障类型及原因	184
第二节	电动机的故障查找方法	195
第三节	电动机不能起动及转速偏低的故障查找	211
第四节	电动机振动、响声异常的故障查找	218
第五节	电动机过热的故障查找	225
第六节	电动机控制设备故障查找	229
第七节	单相电动机故障查找	239
第八节	低压发电机故障查找	250

第八章 电气照明设备故障查找 256

第一节	照明电路故障查找	256
第二节	灯具故障查找	270

第一章

电气设备故障原因及查找方法

第一节 电气故障的分类及特点

一、设备故障率

设备在整个服役期限内，故障发生的次数和使用时间之间是有着宏观规律的，虽然对每一台设备来说，出现故障的次数和使用寿命各不相同，但其发展规律都是一致的。图 1-1 是设备故障率和使用寿命的关系曲线，其形状两边高，中间低凹平坦，形似一个浴盆，故称设备故障发生的“浴盆”曲线。

从故障的“浴盆”曲线中，可以看出，在整个服役期内，设备故障率通常可分为三个阶段：

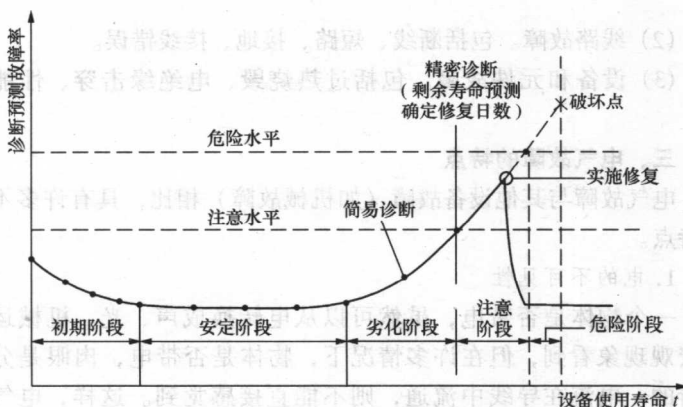


图 1-1 设备故障率与使用寿命的关系

1. 初期故障率

设备刚投入运行时, 初期故障率较高, 原因是设备刚投入运行, 必然会暴露一些制造、安装、调试中遗留的问题, 而且设备刚投入运行, 操作和维护都有一个适应过程。随着对设备性能的逐步熟悉和暴露问题的解决, 故障率就逐渐降低。

2. 稳定期的故障率

设备在进入稳定期后, 故障率较低, 而且很稳定, 这段时间设备运行较正常, 一般只有个别突发性的故障出现。

3. 劣化期的故障率

随着服役时间的推移, 设备逐步进入劣化期, 劣化现象逐渐显著。以电机为例, 在服役 15 ~ 20 年之后, 绝缘老化征象明显, 如泄漏电流增加、绝缘电阻下降、局部放电增加等。在这一时期, 由于劣化趋势发展, 设备故障率又逐步升高, 进入到危险期, 如在此时不采取措施进行维修, 则设备最终将因故障而导致损坏和失效。

二、电气故障的分类

按照电气设备的构成特点, 从查找电气故障的观点出发, 常见的电气故障分类如下:

(1) 电源故障。包括电压、频率偏差及极性接反和相序改变。

(2) 线路故障。包括断线、短路、接地、接线错误。

(3) 设备和元件故障。包括过热烧毁、电绝缘击穿、性能变劣。

三、电气故障的特点

电气故障与其他设备故障(如机械故障)相比, 具有许多不同的特点。

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。电流在导线中流通, 则不能直接感觉到。这样, 电气装置出了故障, 其故障具有很大的隐蔽性, 这也为查找故障带来了

很大的困难。

2. 电的传播速度极快

电流或电信号在导线中的传播速度接近光速，即 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。因此，电气故障发生后，电能释放极快。大多数电气故障往往在瞬间发生、发展，酿成灾祸。这种突然性为故障的预防带来了困难。

3. 电气故障形式集中、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上，而可能是电源故障，也可能是电路故障等。也就是说，一种故障形式，故障的原因多种多样。这样，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，给查找电气故障带来了困难。再如电力线路，线长面广，故障不易查找。

第二节 电气设备发生故障的原因

电气设备发热，电动力、电弧、电接触、电压和频率的变化，三相交流电运行的对称度，电气接地状况，电路切换等不正常，都会产生某种电气故障。

一、温升引起的电气故障

电气设备在运行中如果温升或温度超过允许极限值时，则可能产生电气设备故障。温度对电气设备的影响主要有以下几方面：

1. 对金属材料的影响

温度升高，金属材料软化，机械强度将明显下降。如铜金属材料长期工作温度超过 200°C 时，机械强度明显下降；短时工作温度超过 300°C 时，机械强度也明显下降。铝金属材料的机械强度也与

温度密切相关。通常，铝的长期工作温度不宜超过 90°C ，短时工作温度不宜超过 120°C 。

2. 对电接触的影响

电接触不良是导致许多电气设备故障的重要原因，而电接触部分的温度对电接触的良好性影响极大。温度过高，电接触两导体表面会剧烈氧化，接触电阻明显增加，造成导体及其附件（零部件）温度升高，甚至可能使触头发生熔焊。由弹簧压紧的触头，在温度升高后，弹簧压力降低，电接触的稳定性更差，更容易造成电气故障。

3. 对绝缘材料的影响

温度过高，有机绝缘材料将会变脆老化，绝缘性能下降，甚至击穿，材料的使用寿命也将缩短。如 A 级绝缘材料在一定温度范围内，每增加 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，材料的使用寿命约缩短 50%。

温度过高，对无机绝缘材料的绝缘性能也有明显影响。如电瓷的击穿强度在温度为 80°C 以下时约为 250kV/mm ；当温度达到 100°C 时，其击穿强度约为 100kV/mm 。

4. 对电子元器件的影响

高温是许多电子元器件的大敌，如高温可使半导体元件热击穿，因为温度升高，电子激活程度加剧，使本来不导电的半导体层导通；高温使电子元器件的性能变劣，如在偏高的温度下，电子元件的反向导电流增加，放大倍数减小等。

二、电动力引起的电气故障

电动力与电流大小密切相关。在小电流情况下，电动力对电气装置的正常工作没有什么影响，然而，在大电流情况下，尤其在短路电流作用下，所产生的电动力是很大的。因此，电气装置必须具备在短路电流作用下，有关部分不致损坏的稳定性。这种稳定性称为电动稳定性。超过了这种稳定性，电气装置将会产生故障。电动力所造成的电气故障主要表现在以下几方面：

1. 电动力可能使导体变形

两根或三根平行导体（如母线等），在短路电流作用下，导体受到吸力或斥力。当这种力超过某一程度时，就会使导体变形、接

头松脱、支撑固定件损坏。

2. 电动力可能使开关误动作

当流过开关的电流很大(如短路)时,其电动力可能使刀开关自动打开。而刀开关一般没有完善的灭弧装置,不具备断开短路故障的功能,因而这种自动打开属于一种误动作。在电弧作用下,触头可能被烧毁,甚至形成火灾。

为了防止这类事故的发生,刀开关的触头必须夹紧,不得有松脱现象,必要时还应设置联锁装置,如加装电磁锁或机械联动机构。

3. 触头接触处的收缩电动力可能使触头烧损

通常,当载流导体截面沿导体长度(轴向)发生变化时,在截面变小处会产生轴向电动力。这种电动力称为收缩电动力。触头接触处的电动力有使触头受到排斥的趋势,也就是说,收缩电动力使触头接触紧密程度变劣,甚至断开,从而使触头烧损。

有时,也可利用导体形状的改变而产生的电动力使触头压紧。

三、电接触不良引起的电气故障

1. 电接触不良的原因

(1) 电接触材料的改变。电接触材料,尤其是开关触头的材料,对其导电性、硬度等有着较严格的要求,如果不适当地更换了原有的电接触材料,势必影响到电接触的性能。其次,为了弥补某些电接触材料的缺陷,常常在电接触材料表面镀上一层其他的金属,如银、锡、金等。在修理过程中或经过长时间的磨损,使镀层损伤或消失,必然使电接触性能变劣。

(2) 电接触形式的改变。由于修理或其他原因,使电接触表面不平整或接触面发生位移及方向的变化,从而导致电接触形式的改变,如将面接触、线接触变成了点接触,或点接触变成了面接触、线接触,都可能使电接触不良。

(3) 电接触压力的降低。弹簧变形、传动机构不到位等,使电接触压力降低。这是电接触不良的重要原因之一。

(4) 铜-铝导体直接连接引起的电化学腐蚀。铜-铝导体相互直接连接构成铜离子-铝离子的高电位差的电化学对,必然引

起电化学腐蚀。在实际工作中, 未经过任何处理而将铜 - 铝导体直接连接, 是比较多见的。运行时间一长, 必然产生电接触故障。

(5) 电接触表面性能不良。电接触表面上, 由于种种原因, 覆盖着一层导电性很差的物质, 如金属的氧化物、硫化物等, 其电阻率远大于原金属, 也可能是覆盖在接触面上的灰尘、污物或夹在接触面间的油膜、水膜等, 由此形成了表面膜电阻。它的存在使接触电阻值增大或引起接触电阻不稳定, 甚至破坏电接触连接的正常导电。

(6) 环境因素的影响。潮湿, 温度偏高, 酸、碱、氧化硫、氯气等环境因素的影响, 加速了电接触材料的化学腐蚀、电化学腐蚀及其他变化。

(7) 电接触安装工艺不符合要求。对不同的电接触类型有不同的安装工艺要求, 达不到规定的工艺要求和标准, 就会使电接触不良。

2. 电接触不良导致电路不通

电接触点是电路中最薄弱的环节, 电接触不良是导致电路不通的重要原因。如刀开关触头松动、触头未接触、导线连接点未搭接好、导线与设备接线端子连接螺钉松动、锡焊点断开等, 常常导致电路不通。又如, 某些电接触点从外表上看似乎已接触好, 而实际并没有连接好。在电气设备维修中常将这种似接非接的电接触点称为“虚连接点”。查找“虚连接点”是查找电气设备故障的难点之一。再如, 对于某些低电压回路, 如果电接触电阻远大于负载电阻, 则负载两端的电压远低于工作电压, 负载不能工作。实际上也已构成电路不通的故障。

3. 电接触不良导致电接触处严重发热

电接触不良导致的发热, 一是由于接触电阻上的发热, 二是接触不良发生电弧产生的热。电接触发热将进一步导致电接触不良的恶化, 使电路不通。

4. 电接触不良导致电弧的产生

电接触处的一层绝缘薄膜 (如水分、灰尘、氧化膜等), 在一

定电压下，在接通电路瞬间，可能被击穿，因而会产生火花和电弧，从而导致更严重故障的发生。

5. 电接触电阻的增加可能使某些电路不能正常工作

电接触电阻虽然很小（通常为毫欧、微欧级），但对于某些电路则是不可忽视的因素。如电流互感器二次回路，其负载是阻抗极小的电测仪表电流线圈或继电器电流线圈等，所以，电流互感器的正常运行状态是短路运行状态。如果该回路接触电阻过大，将导致正常短路运行状态被破坏，造成电测仪表误差增大、继电器误动作等故障的发生。

四、电弧引起的电气故障

电弧的高温效应、强光效应和导电效应是造成电气故障的直接原因。

1. 电弧是造成电气火灾事故的主要原因

电弧的温度高达数千度，因此，在电弧发生的一定范围内，如果存在可燃气体或物体，就会点燃这些物质，造成电气火灾。

2. 电弧威胁人身安全

电弧中含有大量的金属离子，因此，当电弧喷向人的皮肤时，高温的金属离子可使皮肤灼伤，留下金属化烙印。另外，电弧的光极强，这种强光如果直接照射到人的眼睛，轻则使眼睛红肿、流泪、疼痛，重则使双眼失明。

3. 电弧的可导电性是造成电气短路事故的重要原因

电弧的弧柱是一束可导电的离子流，且质量轻，可迅速移动和拉长。因此，在多相导体中，若其中一相因某种原因发生电弧，这一电弧可能被吹向（或拉向）另一相，造成相间短路；若导体对地放电形成电弧，这个电弧又不能迅速熄灭，则会造成相对地短路。

4. 电弧引起的开关电器的故障

开关在断开电路（尤其是高电压、大电流电路）时，在开关动、静触头间必然产生电弧。若开关的灭弧装置性能不良或灭弧装置损坏，电弧持续时间长，甚至不能熄灭，就会酿成严重事故。如电弧可加速开关触头烧损，造成严重电接触不良；强烈高

温电弧可使电弧周围的绝缘损坏、老化；电弧可能造成相间短路；电弧还可能使开关绝缘油等其他材料急剧膨胀，产生爆炸事故。

五、电压偏移引起的电气故障

当电源电压比电气设备额定电压偏高或偏低时，电气设备将因此而受到影响，其影响程度取决于偏移值的大小和持续时间的长短。在严重的情况下，电气设备将因此而产生故障。

1. 对异步电动机的影响

由于电动机的启动转矩和最大转矩与电压 U^2 成正比，电压下降，转矩大大下降，电动机有可能不能启动，且电动机启动电流很大。持续时间一长，电动机将因发热而烧毁。

2. 对电热设备和白炽灯、碘钨灯的影响

电热设备和白炽灯等的输出功率与电压 U^2 成正比，电压偏高，输出功率大大增加，工作电流也大大增加，电热设备的电阻器和白炽灯灯丝将因发热量超过允许值而烧毁。

3. 对气体放电灯的影响

荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯等气体放电灯的故障，既来自于电压偏高，也来自于电压偏低。电压偏高，发光量大大增加（与电压 U^2 成正比），超过其允许值，灯丝烧断，灯具损坏。电压偏低，灯具无法启动发光或启动困难、启动时间延长，灯丝放电剧烈，也容易导致灯管或灯泡烧毁。

综上所述，电压偏移是使电气设备出现故障的主要因素，如表 1-1 所示。

表 1-1 电压偏移造成电气故障的主要因素

名 称	项 目	符号	与电压的关系	电压偏高	电压偏低
				10%	
异步电动机	启动转矩	T_s	U^2	21%	- 19%
	最大转矩	T_{max}	U^2	21%	- 19%
	转 差 率	s	U^{-2}	- 17%	+ 23%
	启动电流	I_s	U	10% ~ 12%	- 10% ~ 12%
	工作电流	I		- 7%	11%
	满载温升	Δt		- 3% ~ 4%	6% ~ 7%

续表

名 称	项 目	符号	与电压的关系	电压偏高	电压偏低
				10%	
同步电动机	最大转矩	$T_{\max}$	U	10%	- 10%
	启动电流	I_s	U	10% ~ 12%	- 10% ~ 12%
电热设备	输出热量	Q	U^2	21%	- 19%
白炽灯	输出功率	P	U^2	21%	- 19%
	光 通 量	Φ	$U^{3.6}$	39%	- 32%
	使用寿命	a	U^{-14}	- 70%	330%
气体放电灯	光 通 量	Φ	U^3	20% ~ 30%	- 20% ~ 30%
	使用寿命	a		- 20%	- 35%
变 压 器	空载电流	I_0	U	10% ~ 15%	- 10%
电 磁 铁	吸 力	F	U^2	21%	- 19%
	工作电流	I	U	10% ~ 12%	- 10%
电 容 器	无功功率	Q	U^2	21%	- 19%

注 所列关系均为近似关系，数值均为近似值。

六、三相电源不对称引起的电气故障

三相电源不对称分为：一般情况下的不对称和故障情况下的不对称，这两种情况都会对电气设备运行产生不利的影响。

1. 一般情况下的不对称

(1) 一般情况下的三相电源不对称是指发电机发出的三相交流电，或经过电力变压器和输电线路送到用电设备的三相交流电源，由于各种原因，使三相电压大小和相位发生了一定的偏差。这种偏差虽然不大，但其影响是不可忽视的。

(2) 由于电源不对称，各相负载承受的电压不相等，电压高的相上的设备和电压低的相上的设备都不一定能正常工作。尤其是有三相不平衡电流流过中性线（零线），中性点电位升高，负载电压更加不平衡。