



画说
电工

技能丛书

HUASHUO DIANGONG
JINENG CONGSHU

画说

电工维修 技术

HUASHUO
DIANGONG WEIXIU JISHU

电工之友工作室
编

上海科学技术出版社

画说电工技能丛书

画说电工维修技术

电工之友工作室 编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

画说电工维修技术 / 电工之友工作室编. —上海:上海科学技术出版社, 2012. 10

(画说电工技能丛书)

ISBN 978-7-5478-1434-5

I. ①画… II. ①电… III. ①电工—维修—图解
IV. ①TM07-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 196575 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张 6

字数: 170 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1434-5/TM·31

印数: 1-4 250

定价: 18.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书内容包括电气故障概述,维修电工基本操作技能,巧妙维修电气线路常见故障、变压器常见故障维修、电动机常见故障维修、常用电器设备的故障维修等内容。

本书适用于初中级维修电工阅读,另外电工技能培训职业院校的师生也可以参阅本书。

前 言

随着现代社会的进步,电气化和自动化程度越来越高,人们对电能也越来越依赖,我们身边的一切几乎都与“电”有着千丝万缕的联系。但是,我们看到,电气化程度的提高,电器设备必然增多,其故障率也会增加,导致维修电工的工作量也就越来越大。

为了帮助广大维修电工更好更快地掌握电气设备维修技术,我们编著了本书,以直观的图画为基础再辅以精炼的文字说明进行讲解,目的是为了让学生在较短的时间内掌握更多的知识。

本书是按照相对来说较新国家标准和行业标准编写的,适用于初中级维修电工阅读,另外电工技能培训的职业院校师生,也可以参阅本书。

限于作者自身水平,书中错误或不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

目 录

第一章 电气故障概述	1
第一节 浅析导致电气故障的原因	1
一、电源电压不稳定导致电气故障	1
二、电气设备发热导致电气故障	2
三、电弧导致电气故障	3
四、接触不良导致电气故障	5
五、三相电路不对称导致电气故障	5
六、恶劣的工作环境导致电气故障	6
第二节 电气故障的排查方法	6
一、利用中医理论排查电气故障	6
二、合理分析故障原因	8
三、使用电气仪表查找电气故障	9
四、排查电气故障的经验方法	9
第二章 维修电工基本操作技能	11
第一节 量具的精确使用	11
一、游标卡尺	11
二、千分尺	14
三、塞尺	16
四、水平仪	18
第二节 电气仪表与测量	19
一、电流表及电流的测量	19
二、电压表及电压的测量	21
三、万用表	23
四、钳形电流表	33

五、绝缘电阻表	38
第三章 电气线路常见故障维修	43
第一节 单相电路常见故障维修	43
一、单相电路错接故障的判断	43
二、相线和中性线的识别方法	43
第二节 三相电路常见故障维修	46
一、相序故障的诊断	46
二、电压不平衡故障的诊断	48
第三节 断路故障的维修	49
一、万用表检测法	50
二、校验灯检查法	51
第四节 短路故障的维修	55
一、用分析法检查触头或元件本身短路	55
二、用回路分割法检查触头间短路	55
第五节 接地故障的维修	57
第六节 架空配电线路的故障维修	57
一、电杆倾斜的故障处理	58
二、更换电杆的操作	59
三、导线及横担、金具附件等故障的维修	60
第四章 变压器常见故障维修	61
第一节 概述	61
一、变压器在电力系统中的作用	61
二、变压器的基本工作原理	62
三、变压器的基本结构	63
四、变压器的铭牌数据	69
第二节 变压器的投运及停运操作程序	75
第三节 变压器的巡视	77
一、变压器的日常巡视内容	77
二、变压器的特殊巡视检查	80
第四节 变压器突发异常故障的应急处理	80
一、变压器正常过载允许持续时间	80
二、需立即停运的变压器异常故障现象	81

三、需及时汇报和记录的异常情况	81
四、运行中的变压器油温过高的应急处理	82
五、变压器着火时运行人员的应急处理	82
六、气体继电器动作时,运行人员的应急处理	82
七、断路器掉闸,运行人员的应急处理	84
第五节 变压器的维修	85
一、变压器的小修	85
二、变压器的大修	86
三、变压器渗漏油的修理	87
四、变压器油箱盖的修理	89
五、变压器套管的修理	89
第五章 电动机常见故障维修	91
第一节 三相异步电动机	91
一、三相异步电动机的结构	91
二、三相异步电动机的型号及其用途	96
三、三相异步电动机的铭牌数据	101
四、三相异步电动机的拆装步骤	103
五、三相异步电动机的运行故障维修	108
六、三相异步电动机的绕组故障维修	116
第二节 单相异步电动机	134
一、单相异步电动机的结构	134
二、单相电动机的常见故障维修	139
第三节 直流电动机	141
一、直流电动机的结构及工作原理	141
二、直流电动机的常见故障及维修	145
第六章 常用电气设备的故障维修	152
第一节 电气照明设备	152
一、白炽灯	152
二、荧光灯	155
三、卤钨灯	160
四、管形氙灯	161
第二节 低压开关设备	163

一、低压熔断器	163
二、按钮	166
三、转换开关	167
四、低压断路器	168
第三节 交流接触器	170
一、交流接触器的结构及工作原理	170
二、交流接触器的选用与运行维护	172
三、交流接触器的常见故障维修	173
第四节 继电器	175
一、热继电器	176
二、时间继电器	179
第五节 电磁抱闸制动器	181
一、使用及安装	181
二、电磁抱闸制动器常见故障原因	182

第一章 电气故障概述

第一节 浅析导致电气故障的原因

俗语云“人食五谷杂粮，岂会不生病？”也就是说人生病是不可避免的，而引起人生病的原因与人的生活环境、饮食起居、身体素质、心态、睡眠、病菌、伤害等外在、内在的因素息息相关。那么，相对于导致电气设备故障的原因，也一定与电气设备的安装质量、工作环境、绝缘水平、过载、欠压等因素有关。要想保证人体的健康，就要养成良好的生活习惯，注意防寒保暖。同理，要想让电气设备保持良好的工作状态、延长电气设备的使用寿命，也要做好平时的保养、维护、检修等工作。

虽然导致电气故障的原因多种多样，但是还是可以找到这些故障原因的共性，并总结如下。希望读者以此为契机，举一反三、触类旁通，最终解决实际工作中遇到的电气故障，并能更好的杜绝各类电气故障的发生。

一、电源电压不稳定导致电气故障

任何电气设备都必须在一定的电压下才能进入最佳的工作状态，这个最佳电压就是电气设备的额定电压。稳定的额定电压是保证电气设备正常工作的关键。如果电压不稳定，过高或高低都会导致电气故障的发生。

我们可以通过欧姆定律来解释电压增加后对电气设备的影响，欧姆定律的表达式是 $I = \frac{U}{R}$ ，从公式中可以看出，当负载电阻 R 不变时，电压增加，电流也会增加。电流增加后，会使电气设备内部损耗增加，并导致电气设备因过热而烧毁。

另外，如果电气设备的输出功率 P 不变时（比如电动机带动某些工作机械，其输出功率是不可改变的），电压与电流的关系可表示为 $P = UI$ 。

很明显， P 不变，若是电压下降，电流 I 肯定会升高，也会引起电气设

备发热甚至烧毁。同时,如果电气设备的输出功率 P 可变,电压升高,电气设备的输出功率增加,也会导致电气设备不能正常工作,例如白炽灯的电阻可认为是不变的,当电压升高后,白炽灯输出功率增加,白炽灯虽然变亮了,但是很快可能被烧毁了。

另外,电压不稳定对电动机的影响也会很大,如果电源电压过低就会导致电动机定子绕组所产生的旋转磁场减弱,但是电磁转矩与电源电压的平方成正比,因此当电动机起动转矩下降时,就会造成电动机起动困难,当电动机满载运行时,电压过低将会导致定子电流增加,功率损耗加大,定子绕组过热,时间过长甚至会烧毁电动机。反之,如果电源电压过高会导致电动机的定子磁通接近饱和状态,出现电流急剧增大,电机效率下降而发热严重,也会烧毁电动机。

一般电气装置的额定电压等级见表 1-1。

表 1-1 一般电气设备的额定电压等级

序号	类 别		额定电压(V)
1	单相交流	用电设备	6、12、21、36、42、100、220
		供电设备	6、12、21、36、42、100、230
2	三相交流	用电设备	36、42、100、220/380、380/660
		供电设备	36、42、100、230/400、400/690
3	安全电压		6、12、24、36、42
4	直流	用电设备	1.5、2、3、6、12、24、36、48、60、72、110、220、440
		供电设备	1.5、2、3、6、12、24、36、48、60、72、115、230、460

通过以上分析,可以得出结论:只有稳定可靠的电源电压才能保证电气设备的正常运转。另外,当电气设备出现故障时,也应该首先检查电源电压是否符合规定,才能尽快找到电气故障发生的原因。

二、电气设备发热导致电气故障

电动机运转一段时间后,用手背接触它的外壳,就会感到它的温度比周围的气温要高些,这说明正常运转的电动机也会发热,其实很多电气设备,比如电视机、压缩机等运行一段时间后,都会发热。电气设备发热是导致许多电气故障的原因之一。

那么电气设备为什么会发热呢? 电气设备在运转过程中,一些运动

件(比如电动机机轴与轴承之间的摩擦)的机械损耗,或者电阻材料的损耗、电磁的损耗和介质材料的损耗等很多都会转化成热能,这些热能有些会传导到外界,有些就会导致电气设备发热,这也是电能损耗的一部分。

电气设备发热后,其自身温度与周围环境温度之差,称为温升。电气设备所承受的极限温度,称为允许极限温度。在我国一般规定最高环境温度为 40°C ,因此允许极限温度与最高环境温度之差,就称为允许极限温升。

那么发热会给电气设备带来怎样的危害呢?电气设备一般都是由金属材料、绝缘材料和电子元器件组成的。因此,当温升过高时,一是会导致金属材料的机械强度降低,出现软化现象,甚至会造成金属接触触头熔焊,导致电接触的稳定性变差。二是会导致电气设备的绝缘性能下降,加速绝缘材料的老化,使绝缘材料的寿命缩短。例如,A级绝缘材料,在一定温度范围内,每增加 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$,材料的使用寿命就会缩短50%。三是影响电子元件的稳定性,可以说高温是许多电子元器件的大敌,比如导致电子元件器件热击穿、造成不导电的半导体导电等。

通过以上分析,可以得出结论:电气设备过热会对电气设备本身造成很大的危害,必须时刻观察电气设备的发热情况,采取必要的散热措施,才能更好的延长电气设备正常运转的工作时间。

三、电弧导致电气故障

什么是电弧呢?电弧是一种气体放电现象,是一种高温高导电率的游离气体,其不仅对触头有很大的破坏作用,而且使断开电路的时间延长。

研究发现,在大气中断开电路,如果电源电压大于 12V ,被断开电路中的电流大于 0.25A ,则会在断开间隙中产生电弧。

1. 电弧的危害

电弧的导电性强、能量集中、温度高、亮度大、破坏力强、质量轻、易变形等特点是造成电气故障的直接原因。电弧的危害主要表现为以下几点:

(1) 电弧可能造成电气短路事故。由于电弧是一种具有高导电率的游离气体,且质量轻,可迅速移动和拉长。所以,在多相导体中,若其中一相因某种原因发生电弧,这一电弧就可能被吹向(或拉向)另一相,造成相间短路。

若是导体对地放电形成电弧,这个电弧又不能迅速熄灭,就会造成相对地短路。

(2) 电弧对电器开关的伤害。开关在断开电路(特别是高电压、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,就会酿成严重的事故。电弧还能加速开关触头的烧损,造成触头熔焊或接触不良。强烈高温电弧有可能使电弧周围的绝缘损坏、老化。另外,电弧还能使开关绝缘油等其他材料急剧膨胀,产生爆炸事故。

(3) 电弧可能引发电气火灾事故。电弧的温度往往能高达数千度,所以当电弧出现时,如果存在可燃物,就极可能被点燃,造成可怕的电气火灾事故。

(4) 电弧对人身体的伤害。电弧中含有大量的高温金属离子,如果电弧喷向人体,会造成严重灼伤。

2. 开关电器中常用的灭弧措施

(1) 速拉灭弧法。就是迅速拉开电器开关,能使电弧的电场强度骤降,加速电弧的熄灭。这是在开关电器中普遍采用的最基本的一种灭弧法。

(2) 冷却灭弧法。这也是一种最基本的灭弧方法。降低电弧的温度,可使电弧中的热游离减弱,有助于电弧加速熄灭。

(3) 吹弧灭弧法。利用外力(如气流、油流或电磁力)来吹动电弧,使电弧加速冷却,同时拉长电弧,降低电弧中的电场强度,从而加速电弧的熄灭。比如某些开关的触头和熔断器熔丝置于封闭或半封闭的绝缘盒、绝缘管中,就是为了利用电弧的高热使其中的气体膨胀,使气体高速运动,熄灭电弧。

(4) 长弧切短灭弧法。由于电弧的电压降主要降落在阴极和阳极上(阴极电压又比阳极电压降大得多),而弧柱(电弧的中间部分)的电压降是很小的,因此如果利用金属将长弧切割成若干短弧,则电弧上的电压降将近似地增大若干倍。当外施电压小于电弧上的电压降时,则电弧就不能维持而迅速熄灭。

(5) 粗弧分细灭弧法。将粗大的电弧分成若干平行的细小的电弧,使电弧与周围介质的接触面增大,改善电弧的散热条件,降低电弧的温度,从而使电弧中离子的复合和扩散都得到增强,使电弧迅速熄灭。

(6) 狭沟灭弧法。使电弧在固体介质所形成的狭沟中燃烧。

(7) 真空灭弧法。真空具有较高的绝缘强度。如果将开关触头装在真空容器内,则在电流过零时就能立即熄灭电弧而不致复燃。

通过以上分析知道,电弧对电气设备的伤害是很大的,必须采取必要的措施灭弧。现在很多电器开关中都备有灭弧装置,必须定期检修,一旦灭弧装置出现故障,必须立即更换。

四、接触不良导致电气故障

接触不良对电气设备的危害非常大,轻则导致电气设备不能正常工作,重则直接烧毁电气设备。实践表明,接触不良主要有以下几点危害:

(1) 接触不良发生时,往往会导致接触处发热并伴有电弧,会导致电器开关触头发热甚至熔焊。这时往往会使电器开关的接触进一步恶化,甚至导致电路不通。

(2) 接触不良产生电弧,可能会击穿绝缘层,烧毁电子元器件,进一步扩大故障范围。电弧也可能引燃可燃物,导致火灾。

(3) 接触不良会增加电路电阻,导致电路不能正常工作。

为了防止因接触不良而导致电气故障,应该做到以下几点:

(1) 正确安装电气设备,特别是导线与设备端子之间的连接,其安装工艺必须符合国家标准。安装螺母必须拧紧,不能松动。

(2) 安装在温度偏高、酸碱腐蚀性较大环境中的电气设备,会加速电接触材料的氧化和腐蚀。电接触处必须定期检修和维护,必要时及时更换电接触头。

(3) 长时间工作后的电接触头,会覆盖一层金属氧化物、硫化物等导电性很差的物质,这时必须将电接触头取下,进行修复。可用锉刀轻轻锉去其氧化层,使其恢复原来的导电性。

(4) 定期检查传动机构、压力弹簧等是否已经老化或变形,电接触头压力不足是造成接触不良的原因之一,必须及时修复。

(5) 部分电接触头是经过专门处理的,比如经过镀银、镀锡、镀金等,一旦镀层损坏或消失,必然使电接触性能恶化,因此这样的电接触头一旦损坏,建议更换。

五、三相电路不对称导致电气故障

三相电路就是由三相电源、三相负载(包括单相负载)以及连接电源和负载的导线所构成的电路。对三相电路的基本要求是三相对称。三

相电路对称包括三相电源对称和三相负载对称,也包括三相输电线路对称。

在三相电路中,如果三个相电动势不对称,或三个输出相电压不对称,或负载阻抗不相同,或三相传输线的阻抗不相同,则电路中的各相电流也是不对称的,这种电路就是不对称三相电路。三相不对称,将对电路中的各种电器设备产生不利影响,导致电气故障的发生。

一般情况下的三相电源不对称,会导致三相电路的电压不同,高低不同的电压会导致电气设备不能正常工作。特别是在三相四线制电路中,不对称的电路能导致中性线(零线)电位升高,引发故障的出现。

如果由于某种原因使三线电源电路缺少一相,例如,变压器高压侧一相熔断器的熔丝熔断,或是低压侧电源一相熔丝熔断,或是开关一相触头接触不良,这时就会引发三相电源严重不对称。一旦发生三相电源严重不对称时,电气设备将不能正常工作,时间稍长可能会烧毁电气设备。

还有一种情况就是三相负载不对称造成的各相电压不相等,三相电流不同,这种情况下,也会导致电气设备无法正常工作。

总之,当用三相电路供电时,必须经常检测三相电路电压和电流,一旦出现不对称的情况时,必须及时调整或检修,以防导致电气故障。

六、恶劣的工作环境导致电气故障

电气设备除了应进行必要的维护、保养和检修外,其工作环境也是影响其能否正常工作的关键。恶劣的环境必然会影响到电气设备的使用寿命和工作可靠性,导致各种电气故障的发生。

恶劣的工作环境对电气设备的伤害很大,必须改善电气设备的工作环境,采取合理的措施,降低湿度、温度、腐蚀性气体对电气设备的危害,才能更好的延长电气设备的工作寿命。

第二节 电气故障的排查方法

一、利用中医理论排查电气故障

中医看病讲究“望、闻、问、切”。望,指观气色;闻,指听声息;问,指询问症状;切,指摸脉象。合称四诊。其实当电气设备出现故障的时候,也可以参照中医的“四诊”来诊断电气设备的“病因”。

1. 问

电气设备发生故障后,维修电工不必急于拆解电气设备,应该首先向现场操作人员了解发生故障的前后情况,有助于分析故障的原因。

可以询问电气设备在出现故障前,是否有什么异常情况出现;以往有无发生过同样或类似故障,曾做过如何处理;该电气设备是否更改过接线或更换过零件;是否私自改变过电气设备的运转方式;有无频繁起动、过载;故障发生时是否伴随有异常声音、火花、气味等。并做好详细记录。

充分了解故障出现时的真实情况,有利于分析故障出现的原因,准确定位故障部位,比盲目的拆解检查要省力、省时很多。

2. 望

望就是看,看就是观察。

首先看现场,也就是仔细观察设备的现状,如熔断器是否熔断;设备有无变形;外壳颜色是否被烧焦熏黑;电气线路是否断路、开路、短路、松脱、打火;电器触头是否烧焦;传动机械有无损坏;更改过的接线是否正确;更换过的零件是否符合相关规定;检查信号显示、指示仪表是否准确,有无异常等。

再看图纸和有关资料。必须认真查阅与产生故障有关的电气原理图和安装接线图。依据图纸仔细分析故障可能产生的原因和地方,然后逐一检查。

3. 闻

闻就是听,听什么?就是听电气设备运行中的声音。古人云:“闻,知声也”。电气设备在运行中会有声音,正常运行电气设备其声音均匀且有规律。出现故障的电气设备会发出各种因摩擦、振动等的噪声,用耳细听往往可以区别和正常设备运行声音的差异。

4. 摸

摸就是用手摸设备的有关部位,判断电气设备的温度和振动情况。因为电气设备一旦出现故障,往往会伴随有噪声、振动增大等现象,通过手摸也能分辨设备的故障原因。如设备过载,则其整体温度就会上升;如局部短路或机械摩擦,则可能出现局部过热、振动加大等。另外,个别零件、接头以及接线桩头上的导线是否紧固,用手适当振动也很容易发现问题。

5. 嗅

嗅就是利用鼻子的嗅觉,根据电气设备的气味判断故障。一般电气部件都由绝缘材料组成,当绝缘材料被通过的大电流(超过额定电流数

倍)烧伤或烧焦后,会发出一种刺鼻的臭味,追踪气味的发生处,能帮助查找故障源。

二、合理分析故障原因

电气故障现象是多种多样的,例如,同一类故障可能有不同的故障现象,不同类故障可能会出现类似的故障现象,各种故障现象的类似性和多样性,就像大雾一样阻挡着我们看清前方的路。为了少走弯路,就必须通过现象看本质,所谓“山重水复疑无路,柳暗花明又一村”,认真分析故障原因,准确查找故障点,才能彻底排除故障。

1. 根据电器设备的状态分析故障原因

一般来说,电器装置的运行过程可以分解成若干个连续的阶段,这些阶段就是电器设备的运行状态,比如电动机的工作过程可以分解为起动、运转、正转、反转、高速、低速、制动、停止等工作状态,电气故障总是发生于某一状态,而在这一状态中,各种电器元件又处于什么状态,这正是我们分析故障的重要依据。举个例子,电动机起动时出现了故障,那么在起动时会有哪些元件工作,哪些触头闭合等等,因而查找电动机起动故障时只要注意这些元件的工作状态就可以了。

2. 根据电器设备的电路图分析故障原因

电气图是用以描述电气装置的构成、原理、功能,提供装接和使用维修信息的依据。分析电气故障必然要参阅各类电气图,根据故障情况,从图形上进行分析,这就是根据电器设备的电路分析故障的方法。

电路图种类很多,如原理图、构造图、系统图、接线图、位置图等等。分析电气故障时,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等。

3. 分解电器设备剖析故障原因

电器装置一般是由各个单元构成的,分解电器设备,将每一个单元具有的特定功能逐一剖析,往往会发现故障原因并排除。

4. 分解回路剖析故障原因

电路中任意闭合的路径称为回路。回路是构成电路的基本单元,分析电气故障,尤其是分析电路短路、断路故障,常常需要找出回路中元件、导线及其联接,以此确定故障的原因和部位,往往会事半功倍。

5. 逻辑剖析故障原因

电器装置中各组成和功能都有其内在的联系,比如连接顺序、动作顺