

高职高专“工学结合”精品系列教材

维修电工 实训教程

◎主编 王 刚



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

高职高专“工学结合”精品系列教材

维修电工 实训教程

◎主编 王 刚



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工实训教程 / 王刚主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-308-16094-0

I. ①维… II. ①王… III. ①电工—维修—职业技能—鉴定—教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 181872 号

维修电工实训教程

王 刚 主编

责任编辑 徐 霞

责任校对 陈慧慧 汪淑芳

封面设计 林智广告

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 临安市曙光印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 9

字 数 220 千

版 印 次 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-16094-0

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

本书是编者根据高等职业技术人才培养目标和职业技能鉴定的双重要求,结合最新的课程标准编写而成的一体化教材。

本书主要内容包括:电工基本技能、电力拖动控制电路的安装、机床电气控制电路的故障诊断与分析、电子技术应用等初、中级维修电工技能训练内容。为了贯彻国家关于职业资格证书与学业证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的政策精神,本教材内容涵盖有关国家职业标准(初、中级)的知识、技能要求,确实保证毕业生达到相应等级技能人才的培养目标。本书吸收和借鉴了浙江工业职业技术学院教学改革的成功经验,采用了理论知识与技能训练一体化的模式,使教材内容更加符合学生的认知规律,保证理论与实践的密切结合。

本书可以作为高等职业技术学院和高级技术学校维修电工技能训练的配套教材,也可作为职业高中和企业维修电工中级技术培训的教材及职工自学用书。

本书由浙江工业职业技术学院电气电子工程学院自动化技术教研室负责编写,参加编写的人员有:王刚、高建强、林嵩、朱楠、周永坤、吴思俊、徐见炜。

作 者

2016年5月

目 录

模块一 电工基本技能	1
任务一 认识电力系统	1
任务二 电气安全作业	4
任务三 触电急救	16
任务四 常用电工工具使用	18
任务五 导线连接及恢复绝缘	27
任务六 三相笼型异步电动机的检修	35
任务七 室内照明与配电电路的安装	46
模块二 电力拖动控制电路的安装	51
任务一 常用低压电器的识别	51
任务二 单向连续运行控制电路的安装	64
任务三 双重连锁正反转控制电路的安装	70
任务四 工作台自动往返控制电路的安装	73
任务五 Y- Δ 降压启动控制电路的安装	76
任务六 双速异步电动机手动、自动调速控制电路的安装	79
模块三 机床电气控制电路的故障诊断与分析	82
任务一 T68 镗床电气控制电路检修	86
任务二 X62W 万能铣床电气控制电路检修	94
任务三 20/5t 桥式起重机电气控制电路检修	104
模块四 电子技术应用	116
任务一 单相桥式整流、滤波电路的安装	116
任务二 串联型可调稳压电源的安装	122
任务三 单相可控调压电路的安装	125
任务四 单稳态电路的安装	129
任务五 准互补推挽乙类功放电路的安装	131

模块一 电工基本技能

任务一 认识电力系统

一、维修电工的任务和作用

维修电工的任务是保证企业中拖动生产机械运动的各种类型的电动机及其电气控制系统和生产、生活照明系统的正常运行。这对于提高企业的劳动生产率和保证安全生产都具有重大作用,其主要任务包括:

(1) 照明电路和照明装置的安装;动力电路和各类电动机的安装;各种生产机械的电气控制电路的安装。

(2) 各种电气电路、电气设备、电动机的日常保养、检查与维修。

(3) 根据设备管理的要求,维修电工除按照“预防为主,修理为辅”的原则来降低故障的发生率以外,还要进行改善性的修理工作,针对设备的重复故障,采取根治的办法,进行必要的改进。

(4) 安装、调试和维修与生产过程自动化有关的电子设备。

二、电能的生产、输送和分配概况

由发电、输电、变电、配电、用电设备及相应的辅助系统组成的电能生产、输送、分配、使用的统一整体称为电力系统。电力系统的示意图如图 1-1-1 所示,图中发电厂的发电机产生的电能,经过升压变压器升压后,经由高压输电线输送至区域变电所,再按需要分配给各类电力用户。

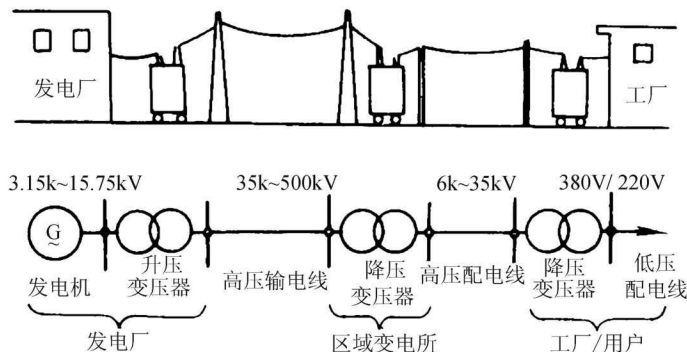


图 1-1-1 电力系统

（一）发电

发电就是电力的生产,生产电力的工厂称发电厂,发电厂是把其他形式的能量转换成电能的场所。发电厂按所用能源不同,可分为火力发电厂、水力发电厂和原子能发电厂等,此外还有太阳能、风力、潮汐和地热发电等。我国电力的生产主要来源于火力发电和水力发电。火力发电厂通常以煤或油为燃料,使锅炉产生蒸汽,以高压高温蒸汽驱动汽轮机,由汽轮机带动发电机而发电。水力发电厂是利用自然水资源作为动力,通过水库或筑坝截流的方法提高水位,利用水流的位能驱动水轮机,由水轮机带动发电机而发电。原子能发电厂也称核电厂,它由核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的热能来产生高压高温蒸汽,驱动汽轮机而带动发电机发电。目前,世界上由发电厂提供的电力,绝大多数是交流电。

（二）电能的传输

通常把发电厂建在远离城市中心或者能源产地附近。因此,发电厂发出的电能还需要经过一定距离的输送,才能分配给各类用户。由于发电机的结构、绝缘强度和运行安全等因素制约,发电机产生的电能电压不会很高,一般为 3.15kV、6.3kV、10.5kV、15.75kV 等。为了减少电能在数十、数百千米输电电路上的损耗,因此必须经过升压变压器升高电压到 35k~500kV 后再进行远距离输电。目前,我国常用的输电电压的等级有 35kV、110kV、220kV、330kV 及 500kV 等。输电电压的高低,要根据输电距离和输电容量而定,其原则是,容量越大,距离越远,输电电压就越高。高压输电到用户区后,再经由降压变压器将高电压降低到用户所需要的各种电压。

（三）工厂中的变、配电

变电即变换电网电压的等级,配电即电力的分配。变电可分为输电电压的变换和配电电压的变换。完成前者任务的称为变电站或变电所,完成后者任务的称为变配电站或变配电所。如果只具备配电功能而无变电设备的称为配电站或配电所。通常大、中型企业都有自己的变、配电站,由高压配电室、变压器室和低压配电室组成。用电量在 1000kW 以下的企业,采用低压供电(在电力系统中 1kV 以上为高电压,1kV 以下为低电压),只需要一个低压配电室就够了。电能输送到工厂后,经高压配电室配电后,由变压器室的降压变压器将 6k~35kV 的电源电压降压至 380V/220V 的低电压,再经过低压配电装置,对各车间用电设备进行供电。在车间配电中,对动力用电和照明用电采用分别配电的方式,即把各个动力配电电路以及照明配电电路一一分开,这样可避免局部事故而影响整个车间的生产。

低压供电系统的类型主要有三相三线制、三相四线制和三相五线制等,但这些名词术语内涵不是十分严格。国际电工委员会(IEC)对此作了统一规定,称为 TT 系统、TN 系统、IT 系统。其中,TN 系统又可以分为 TN-C、TN-S、TN-C-S 系统。

1. TT 方式供电系统

TT 方式供电系统是指将电气设备的金属外壳直接接地的保护系统,称为保护接地系统,也称 TT 系统。第一个符号 T 表示电力变压器二次侧绕组中性点直接接地;第二个符号 T 表示负载设备外露但不与带电体相接的金属导电部分与大地直接连接。在 TT 系统中负载所有接地均称为保护接地,这种供电系统也叫三相三线制供电系统。

2. TN 方式供电系统

TN 方式供电系统是将电气设备的金属外壳与工作零线相接的保护系统,称作接零保

护系统,也称 TN 系统。根据其保护零线是否与工作零线分开而划分为 TN-C 和 TN-S 两种。

(1) TN-C 方式供电系统

它是用工作零线兼作接零保护线,可以称作保护中性线,可用 NPE 表示,属于典型的三相四线制供电系统,如图 1-1-2 所示。

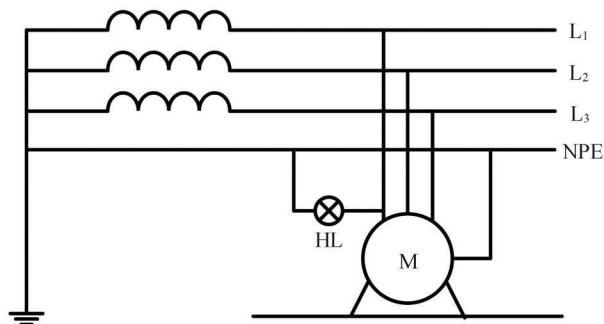


图 1-1-2 TN-C 方式供电系统

(2) TN-S 方式供电系统

它是把工作零线 N 和专用保护线 PE 严格分开的供电系统,称作 TN-S 供电系统,属于典型的三相五线制供电系统,如图 1-1-3 所示。

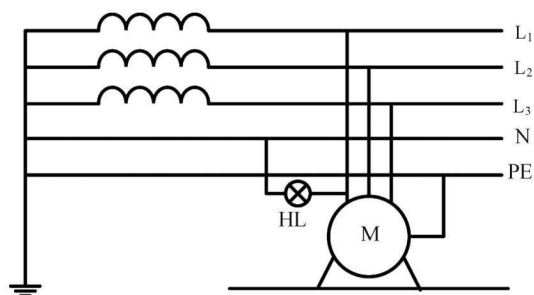


图 1-1-3 TN-S 方式供电系统

(3) TN-C-S 方式供电系统

它的前部分以 TN-C 方式供电,而施工规范规定施工现场必须采用 TN-S 方式供电系统,则可以在系统后部分的现场总配电箱中分出 PE 线。因此该供电系统常用于建筑施工临时供电,如图 1-1-4 所示。

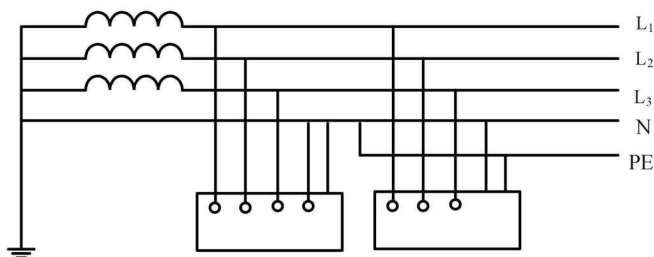


图 1-1-4 TN-C-S 方式供电系统

三、电力用户的分类

(一) 一类负荷

一类负荷是指中断供电将造成人身伤亡、重大的政治影响、重大的经济损失或公共场所秩序严重混乱的负荷。对一类负荷应有两个或以上独立电源供电。

(二) 二类负荷

二类负荷是指中断供电将造成较大的经济损失(如大量产品报废)或造成公共场所秩序混乱的负荷(如大型体育场馆、剧场等)。对二类负荷尽可能要有两个独立的电源供电。

(三) 三类负荷

不属于一、二类电力负荷的即为三类负荷。三类负荷对供电没有什么特别要求,可以非连续性地供电,如小市镇公共用电、机修车间等,通常用一个电源供电。

任务二 电气安全作业

一、电气安全基本知识

(一) 电流对人体的伤害作用

电流对人体作用的规律,不但可用于定量地分析触电事故,更重要的是只有运用这些规律,才能科学地评价一些防触电措施和设备是否完善,才能科学地评定一些安全电器产品和电气规范是否合格、是否适用等。

1. 电流流过人体的作用机理和征象

电流通过人体时破坏人体内细胞的正常工作,主要表现为生物学效应。电流作用于人体还包含热效应、化学效应和机械效应。小电流通过人体,会引起麻感、针刺感、压迫感、打击感、痉挛、疼痛、呼吸困难、血压异常、昏迷、心律不齐、窒息、心室颤动等症状。数安培以上的电流通过人体,还可能导致严重的烧伤。

心室颤动是小电流电击使人致命最多见和最危险的原因。发生心室颤动时,心脏每分钟颤动 1000 次以上,但幅值很小,而且没有规则,血液实际上中止循环。电流通过心脏,可直接作用于心肌引起心室颤动;电流也可能经中枢神经系统反射引起心室颤动。机体缺氧也可能导致心室颤动,如有电流通过胸部,持续时间较长即可能引起窒息,进而由机体缺氧和中枢神经反射导致心室颤动或心脏停止跳动。

2. 电流对人体的伤害类型

人体触及带电体,并使人体成为闭合电路的一部分,就会有电流通过人体,对人体造成伤害。电流对人体的伤害,主要有电击和电伤两种。

(1) 电击

电击是指电流通过人体内部,直接造成人体内部组织的损害,也是最危险的触电伤害。由于电击时电流从身体内部通过,故触电者大多外伤并不明显,多数只留下几个放电斑点,

这是电击的一大特征。人体遭电击后,引起的主要病理变化是心室纤维性颤动、呼吸麻痹及呼吸中枢衰竭等。特别是当电流直接经过神经中枢组织或心脏时,将会引起中枢神经系统失调或心室纤维性颤动,造成人体呼吸困难或心脏停搏而死亡。

(2) 电伤

电伤是指电流直接或间接造成人体体表的局部损伤。电伤包括灼伤、电烙印和皮肤金属化等。

灼伤是因电流的热效应引起的一种伤害。最严重的灼伤是电弧对人体体表造成直接烧伤,这种灼伤主要发生于高压触电。另一种常见的灼伤是由于电弧的辐射热使附近人员烧伤,或因飞溅而起的灼热熔化的金属粉末或热气浪对人体造成烧伤。

电烙印是人体与带电部分接触良好时,在皮肤上形成一种圆形或椭圆形的红肿。电烙印并不是由于热效应引起的,而是因为化学效应和机械效应引起的。

皮肤金属化是电伤中最轻微的一种伤害,它是由于被电流熔化的金属微粒渗入皮肤表层所引起的。这时皮肤表面粗糙坚硬,使人有绷紧的感觉,一般不会造成严重后果。

触电是一个比较复杂的过程,在很多情况下,电击和电伤往往是同时发生的,绝大部分的触电死亡事故是电击造成的。

根据资料表明,电击多发生在低压(对地电压 250V 以下)系统,因为,一是人们接触的低压电器多,导致触电的可能性就大;二是在触及带电体导致触电时,往往同时伴随手部痉挛,紧握带电体,不能摆脱,电流长时间通过人体,造成综合性电击损伤。而在 10kV~35kV 的高压环境下,当人体还未直接接触带电体时,就会发生高压带电体击穿空气间隙对人体放电,若不是人体触电后倒在带电体上,则会很快脱离电流,若没有造成二次性伤害,不致死亡。在 110kV 及以上的超高压环境下,当超高压带电体击穿空气间隙对人体放电时,因接地短路电流大,虽人体能及时脱离电流,但也会因造成大面积灼伤而死亡。

3. 电流对人体伤害程度的影响因素

不同的人在不同的时间、不同的地点与同一带电体接触,后果将是千差万别的。这是因为电流对人体的作用受很多因素的影响。

(1) 电流大小的影响

通过人体的电流越大,人体的生理反应和病理反应越明显,引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险性越大。按照人体呈现的状态,可将预期通过人体的电流分为三个级别。

①感知电流。使人体有感觉的最小电流,称之为感知电流。实验表明,在一定的统计概率下,工频的平均感知电流,成年男性约为 1.1mA,成年女性约为 0.7mA;对于直流电约为 5mA。

②摆脱电流。人体发生触电后能自行摆脱带电体的最大电流称之为摆脱电流。摆脱电流值与人体生理特征、与带电体接触方式以及电极形状等有关。根据实验概率统计,工频的平均摆脱电流,成年男性约为 16mA,成年女性约为 10mA;对于直流电平均约为 50mA;儿童的摆脱电流较小。

③致命电流(室颤电流)。人体发生触电后在较短时间内危及生命的最小电流称为致命电流。在低压触电事故中,心室颤动是触电致命的原因,因此,通常致命电流又称之为心室颤动最小电流。一般情况下通过人体的工频电流超过 50mA 时,心脏就会停止跳动,出现致命的危险。大量的实验研究资料表明,当电流大于 30mA 时才有发生心室颤动的危险,因此

可把 30mA 作为心室颤动电流的极限值。当前的漏电保护器其漏电脱扣动作电流都设定为 30mA,就是基于这个道理。

(2) 电流持续时间的影响

电流持续时间越长,则电击危险性越大。其原因包括以下四个方面。

①电流持续时间越长,则体内积累电能越多,伤害越严重,表现为室颤电流减小。

②心电图上心脏收缩与舒张之间的约 0.2s 是心脏易损期。电击持续时间延长,必然重合心脏易损期,则电击危险性增大。

③随着电击持续时间的延长,人体的电阻由于出汗、击穿、电解而下降,如接触电压不变,流经人体的电流必然增加,电击危险性随之增大。

④电击持续时间越长,中枢神经反射越强烈,电击危险性越大。

(3) 电流途径的影响

人体在电流的作用下,没有绝对安全的途径。电流通过心脏会引起心室颤动乃至心脏停止跳动而导致死亡;电流通过中枢神经及有关部位,会引起中枢神经强烈失调而导致死亡;电流通过头部,严重损伤大脑,亦可能使人昏迷不醒而死亡;电流通过脊髓会使人截瘫;电流通过人体的局部肢体亦可能引起中枢神经强烈反射而导致严重后果。

流过心脏的电流越大、电流路线越短的途径,其电击危险性越大。从左手到胸部以及从左手到右脚是最危险的电流途径;从右手到胸部或从右手到右脚、右手到左手等都是很危险的电流途径;从脚到脚一般危险性较小,但可能因痉挛而摔倒,导致电流通过全身要害部位,同样会造成严重后果。

(4) 电流频率的影响

电流的频率对触电者伤害程度有直接影响。50~60Hz 的交流电对人体的伤害程度最大,当低于或高于以上频率范围时其伤害程度就会显著减轻。对于直流电来说,它的伤害程度要远比工频交流电小,人体对直流电的极限忍耐电流值约为 100mA。

(5) 电压高低的影响

人体触电电压越高,通过人体的电流越大,危险性越大。由于通过人体电流与作用于人体上的电压并非线性关系,随着作用于人体上电压的升高,人体电阻急剧下降,致使电流迅速增加,从而对人体的伤害更为严重。1kV 以上的高电压触电还会伴随弧光烧伤、击穿甚至引起心肌纤维断裂,因此后果更为严重。

(6) 人体电阻及健康状况的影响

人体触电时,人体电阻值与流经人体的电流成反比。人体电阻越小,流过人体的电流越大,伤害程度也越严重;人体电阻越大,流过人体的电流越小,伤害程度相对减弱。干燥条件下,人体电阻为 1000~3000 Ω ,皮肤损伤、皮肤表面沾有导电性粉尘、接触压力增大、电流持续时间延长、接触面积增大等都会使人体阻抗下降。潮湿条件下的人体阻抗约为干燥条件下的 1/2。人体的健康状况和精神状态正常与否对于触电后果有一定的影响,如患有心脏病、神经系统疾病、结核病或醉酒的人因触电受伤的程度要比正常人严重。另外,性别和年龄的不同对触电后果也有不同程度的影响,女性较男性敏感,小孩遭受电击较成人危险。

(二) 人体触电的方式

按照发生触电时电气设备的状态,触电可分为直接接触触电和间接接触触电两类。直

接接触触电是人体触及设备和电路正常运行时的带电体发生的触电(如误触接线端子发生的触电),也称为正常状态下的触电。间接接触触电是触及正常状态下不带电,而当设备或电路故障时意外带电的导体发生的触电(如触及漏电设备的外壳发生的触电),也称为故障状态下的触电。由于两者发生事故的条件不同,所以防护技术也不相同。

1. 直接接触触电

直接接触触电的特点是:人体所触及的是运行设备的正常带电体。

实际上直接接触触电时,人体成了闭合电路的一个组成部分,使人体的某一局部相当于电路中的负载阻抗。由于人体电阻较小,通过人体的电流往往比较大,在 380V/220V 的低压配电系统中,可能会达到数百毫安(远大于 50mA 的致命电流),因此危险性大,是伤害程度最为严重的一种触电形式。直接接触触电发生的原因主要有以下两种情况:一是由于误碰或误接近带电设备所造成;二是由于停电检修作业时,未装设临时接地线而意外地发生突然来电造成触电。根据人体与带电体的接触方式的不同,直接接触触电分为单相触电和两相触电两种。

(1) 单相触电

单相触电是指人体接触地面或其他接地体,人体的一部分触及某一相带电体的触电事故,如图 1-2-1 所示。对于高压带电体,人体虽未直接接触,但如果安全距离不够,高压对人体放电造成单相接地引起的触电也属于单相触电。在触电事故中,大部分属于单相触电。

单相触电的危险程度是根据电压的高低、绝缘情况、电网的中性点是否接地和相对地电容的大小等决定的。中性点接地系统的单相触电比中性点不接地系统的危险性大。

如图 1-2-1 所示,通过人体的电流为:

$$I_r = \frac{U}{R_r + R_0}$$

式中: I_r 为流过人体的触电电流(A); U 为相对地电压(相电压)(V); R_r 为人体电阻(Ω); R_0 为电网中性点接地电阻(4Ω)。

由于 R_0 与 R_r 相比很小,可忽略不计,因此有:

$$I_r = \frac{U}{R_r}$$

从上式可以看出,若此时人体电阻以 1000Ω 计算,则在 220V 中性点接地的电网中发生单相触电时,流过人体的电流将达到 220mA,已大大超过人体所能承受的数值。就算是在 110V 系统中触电时,通过人体的电流也达 110mA,仍然危及生命安全。若是人体在绝缘板上或穿绝缘鞋,则人体与大地间的电阻会变得很大,通过人体的电流将很小,就不会造成触电危险了。

(2) 两相触电

两相触电是指人体的两处同时接触带电的任意两相的触电,如图 1-2-2 所示。两相触电时,不管电网的中性点是否接地、人体与大地是否绝缘,人体都会触电。此时相与相之间以人体作为负载形成回路,流过人体的电流完全取决于电网的线电压和人体电阻。这种方式的触电

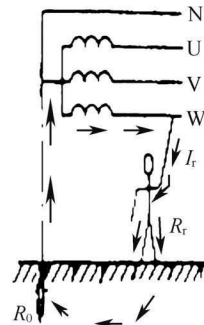


图 1-2-1 单相触电

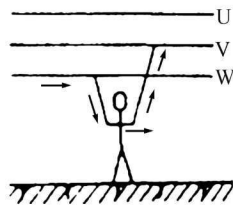


图 1-2-2 两相触电

比单相触电更危险。

2. 间接接触触电

(1) 跨步电压触电

当电气设备或电路发生接地故障时,接地故障电流通过接地体向大地流散,在大地表面形成分布电位(在接地体近端电位最高,离开接地体电位逐渐降低,20米处电位趋于零)。此时如有人在接地体附近行走,则两脚之间的电位差造成的触电即为跨步电压触电。

(2) 接触电压触电

接触电压触电是指人体站立在发生漏电设备的旁边,人手触及漏电的设备外壳,手与脚两点间的电位差造成的触电。接触电压的大小,随人体站立点的位置而异。当人体站立处距离漏电设备较远时,接触电压高;反之,当人体站立于漏电设备金属外壳上时,接触电压为零。

(3) 感应电压触电

设备运行时的电磁感应和静电感应作用,能使附近的停电设备上感应出一定的电压,其数值的大小取决于带电设备电压的高低和停电设备与带电设备两者的接近程度、平行距离、几何形状等因素。电气工作者往往对感应电压缺乏思想准备,因此,具有相当危险性。在电力系统中,感应电压触电事故屡有发生,甚至造成伤亡事故。

(4) 剩余电荷触电

电气设备的相间绝缘和对地绝缘都存在着电容效应,由于电容器具有储存电荷的作用,因此,在刚断开电源的停电设备上,可能保留一定量的电荷,称之为剩余电荷,若此时有人触及该设备,就可能触电。另外,如大容量电气设备(变压器、电机等)和电力电缆、并联电容器等在测量绝缘电阻或耐压试验后都会有剩余电荷的存在。设备容量越大、电缆电路越长,这种剩余电荷的积累越多。因此在绝缘电阻的测量或耐压试验工作结束后,必须注意充分放电,以防剩余电荷触电。

(5) 静电触电

静电是一种自然现象,随着科学技术的发展,静电在生产实践中已被人们广泛利用。但是,静电也能引起爆炸、火灾,还能对人体造成电击伤害。静电具有电压高、能量不大、静电感应和尖端放电等特点,当人体靠近带静电的物体时或带静电的人体接近接地体时,会发生放电使人遭受电击,造成伤害。由于静电电击不是电流持续通过人体的电击,而是静电放电造成的瞬间冲击性电击,由于能量较小,因此通常不会造成人体心室颤动而死亡,但是往往会造成二次伤害(例如高空坠落或其他机械性伤害),因此同样具有相当的危险性。

二、触电防护技术

(一) 造成触电事故的基本因素

(1) 人体构成了闭合电路的一部分,使人体的一部分相当于电路中的负载阻抗。

(2) 在人体的某两个部位之间施加了一个足以危及人身生命安全的接触电压。

(3) 在一个持续时间间隔内,有足以危及人身安全的电流值(致命电流)通过人体。

各种触电防护技术手段,都是立足于控制、改变上述三个基本因素来实现的。例如,各

种电气设备的绝缘措施,操作人员穿绝缘鞋、戴绝缘手套、垫绝缘垫,检修作业中使用绝缘工具以及小容量低压配电系统采用中性点不接地供电方式等,都是为了使人体在触及带电体时,不会构成闭合电路。电气设备外壳或架构采用接地、接零或采用 36V 及以下的安全电压,是为了降低接触电压。采用迅速切断电源的自动开关(如漏电保护器等)就是为了限制触电者接触电源的持续时间,以确保在发生触电事故时人体能迅速脱离电源。

国际电工技术委员会(IEC)把人体触电概括为直接接触和间接接触两大类。因此,有关触电保护技术,也就相应地归纳为直接接触触电的防护和间接接触触电的防护两个方面。

(二) 直接接触触电的防护

防止直接接触触电是电气设备在设计、制造、安装和使用中所必须保证和满足的最基本要求,是制定标准和规程的基本出发点。任何电气设备或装置以及电气工程,都必须采取可靠措施,用来防止人体偶然触及或者过分接近带电的导体。有关防止直接接触触电的防护措施,概括起来有下列几个方面。

1. 绝缘

这种防护就是利用绝缘材料(例如瓷、云母、橡胶、胶木、塑料、纸、布等)把带电导体完全包封起来,从而保证在正常工作条件下,人体不致触及带电导体。这种防护要求电气设备在运行中能长期经受电气、机械、化学和发热等造成的影响,而绝缘性能继续有效。任何电气设备和装置,都应根据使用环境 and 应用条件采用相应等级的绝缘。低压电气设备的绝缘性能通常是采用测量绝缘电阻和进行耐压试验来判断。

2. 屏护与遮栏

屏护即采用屏护装置控制不安全因素,例如,将电气设备带电部分采用护罩、护盖、箱匣、遮栏等与外界隔绝开来,例如铁壳开关、磁力启动器、电动机的金属外壳和装置式自动空气断路器的塑料外壳等,都是用来防护直接接触触电的措施。这些屏护装置除作为防止触电设施外,还是防止电弧伤人、电弧短路的重要设施。因此,在正常使用条件下,不准随便拆除。

遮栏通常是用来防止人体过分接近带电体而设置的。例如,高压设备要做到全部绝缘往往很难,如果人接近至一定距离时,即会发生电弧放电触电事故。因此,不论高压设备是否有绝缘措施,均应采用遮栏以防止人体等过分接近。例如,安装在室外的配电变压器以及安装在车间或公共场所的变配电装置,都要装设遮栏。在邻近带电体的作业中,要在工作人员与带电体之间设置临时遮栏,以保证检修工作的安全。这种检修用遮栏,通常采用绝缘材料制成。

3. 间距

所谓间距防护,就是将可能触及的带电体置于可能触及的范围之外,保证人体和带电体有一定的安全距离,防止人体无意地接触或过分接近带电体。安全间距的大小取决于带电体电压的高低、设备的类型、使用环境以及安装方式等因素。在电气安装标准中,规定了低压架空电路对地面、水面、树木、建筑物的安全距离。

例如,规程中规定了人体与带电体间最小安全距离(见表 1-2-1)。

表 1-2-1 人体和带电体间的最小安全距离

电压等级/kV	安全距离/m	
	有遮栏	无遮栏
≤ 1	0.10	—
10	0.70	0.35
35	1.00	0.60
110	1.50	1.50
220	3.00	3.00

4. 安全电压

(1) 安全电压的定义

所谓安全电压,就是把可能加在人身上的电压限制在某一范围之内,使得在这种电压下,通过人体的电流在短时间内不会使人有生命危险,我国规定工频安全电压的上限值,即在任何情况下,两导体间或任一导体与地之间电压均不得超过工频电压的有效值 50V。

(2) 安全电压值的规定

根据我国的具体条件和环境,规定的安全电压额定值的等级有 42V、36V、24V、12V 和 6V。其具体应用范围如下:

携带式照明灯、隧道照明、机床照明、距离地面高度不足 2.5m 的工厂照明,以及在危险环境中使用的部分手持电动工具,如无特殊安全结构或安全措施,均应采用 36V 安全电压;在地方狭窄、工作不便、潮湿阴暗的场所,如金属容器内、矿井内、隧道内以及工作面周围有大面积金属导体的危险环境中,应采用 24V 及以下的安全电压。在有关安全电压的国家标准中,还进一步规定,当电气设备采用 24V 以上的安全电压时,还必须采取其他防止直接接触带电体的防护措施,也就是说,当采用了 24V 及以下的电压作为额定工作电压时,这种措施本身已满足了直接接触的防护要求。水下作业等场所应采用 6V 安全电压。

(3) 安全电源

为取得安全电压,必须要有一个提供安全电压的电源供电,主要的电源是安全隔离变压器。这种安全隔离变压器要求一、二次侧绕组之间有良好的绝缘,要采用更高级别的耐压试验电压值,并在一、二次侧绕组之间增加接地屏蔽层或者将一、二次侧绕组分别装在两个铁芯柱上,以防止一次侧绕组在发生绝缘击穿等故障时,高电压窜入二次回路,为保证安全,二次回路不得与其他回路及大地有任何连接(见图 1-2-3)。但是变压器的外壳及其一、二次侧绕组之间的屏蔽层,应按规定接地或接零。为了进行短路保护,安全隔离变压器的一、二次回路均应装设熔断器。根据上述要求,自耦变压器、分压器等不能作为安全电压的供电电源。

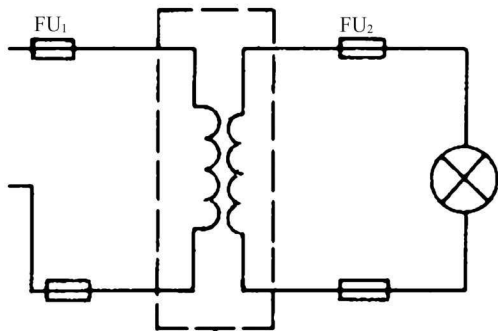


图 1-2-3 安全隔离变压器

（三）间接接触触电的防护

间接接触触电的防护目的是为了防止电气设备在故障运行情况下,发生人身触电事故。同时,也是为了防止电气设备的故障进一步扩大而引起更严重的设备事故。目前,为防止间接接触触电的主要方法有下列几个方面。

1. 自动断路器

当运行中的电气设备发生绝缘损坏而构成接地故障时,设法将故障电气设备的电源自动切断,以防止间接接触触电。

2. 降低接触电压

当运行中的电气设备发生绝缘损坏而使金属外壳带电时,设法降低金属外壳对地电压,以防止间接接触触电。目前主要采用接地保护或接零保护以及等电位联结均压等技术措施。

三、电气作业安全措施

电气作业必须坚持贯彻“安全第一,预防为主”的方针,克服盲目的作业方式和侥幸麻痹心理。由于电能和生产使用的特殊性,只要少许疏忽就有可能酿成大祸,造成生命和财产的损失,为此在电工作业中必须采取行之有效的组织措施和技术措施。

（一）组织措施

在全部停电或部分停电的电气设备上作业,为保证安全的组织措施有:工作票制度,工作许可制度,工作监护制度,工作间断、转移、终结和恢复送电制度。

1. 工作票制度

工作票是准许在电气设备上作业的书面命令,也是明确安全职责,向工作人员安全交底,履行工作许可手续及实施安全技术措施等的书面依据。工作票分为第一种工作票和第二种工作票。

在高压设备或高压电路上工作需要全部停电或部分停电的,以及在高压室内的二次回路和照明等回路上的工作,需要高压设备停电或需要采取安全措施的,应填写第一种工作票。

在带电作业或带电设备外壳上的工作,在控制盘、低压配电盘、配电箱、电源干线上的工作,以及在无须高压设备停电的二次回路上的工作等情况,应填写第二种工作票。

2. 工作许可制度

工作许可制度是确保电气检修作业安全,所采取的一种重要措施。它可以加强运行值班单位和检修单位双方的安全责任感,因此必须在完成各项安全措施后方可履行工作许可手续。

工作许可人(主值人员)在接到检修工作负责人交来的工作票后,应审查工作票所列安全措施是否正确、完善,经审查确定无误后应按工作票上所列要求完成施工现场的安全技术措施,并会同工作负责人再次检查必要的接地、短路和标示牌是否装设齐备,然后才许可工作小组开始工作。

3. 工作监护制度

执行工作监护制度的目的是防止工作人员违反安全规程,监护人应及时纠正不安全操作和其他错误做法,使工作人员在整个工作过程中得到指导和监督。因此,监护人的技术水

平应高于工作人员。

4. 工作间断、转移、终结和恢复送电制度

(1) 工作间断时,所有的安全措施应保持原状。当天的工作间断后又继续工作时,无须再经许可;如对隔天的工作间断,应交回工作票,次日复工还应重新得到值班员的许可。

(2) 在未办理工作票手续以前,值班员不准在施工设备上进行操作和合闸送电。

(3) 在同一电气连接部分用同一张工作票依次在几个工作地点转移工作时,全部安全措施由值班员在开工前一次做完,不需再办理转移手续。但工作负责人或监护人在每转移一个工作地点时,必须向工作人员交代带电范围、安全措施和注意事项。

(4) 全部工作完毕后,工作人员应清扫、整理现场。工作负责人或监护人应进行认真的检查,待全体工作人员撤离工作地点后,再向值班人员讲清所修项目、发现的问题、试验结果和存在问题等,并与值班人员共同检查设备状况、有无遗留物件、是否清洁等,然后在工作票上填上工作终结时间,经双方签名后,工作票方告终结。

(5) 只有在同一停电系统的所有工作结束,拆除所有接地线、临时遮栏和标示牌,恢复常设遮栏,并得到值班调度员或值班负责人的许可命令后,方可合闸送电。

(6) 已结束的工作票应加盖“已执行”印章后妥善保存三个月,以便检查。

(二) 技术措施

在电气检修工作中,为防止突然来电(误送电、反送电)以及误入带电间隔、带负荷合闸等重大人身或设备事故的发生,在全部停电或部分停电的电气设备或电路上工作,必须完成停电、验电、装设接地线、悬挂标示牌和装设遮栏等保证安全的技术措施。

1. 停电

停电的基本要求是将需要检修的设备或电路可靠脱离电源,各方向可能来电的电源都要断开。此外,当工作人员在工作时的正常活动范围与邻近带电设备的安全距离小于规程规定时(10kV 及以下,无遮栏为 0.7m,有遮栏为 0.35m),则该邻近的带电设备也必须同时停电。常用的隔离开关和断路器如图 1-2-4 所示。

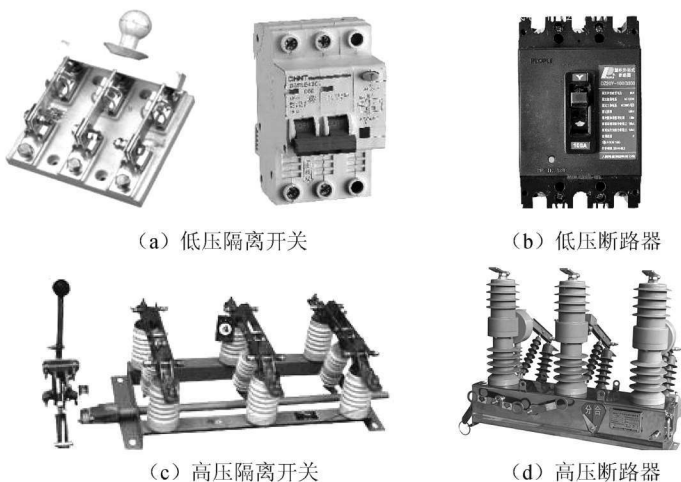


图 1-2-4 隔离开关和断路器