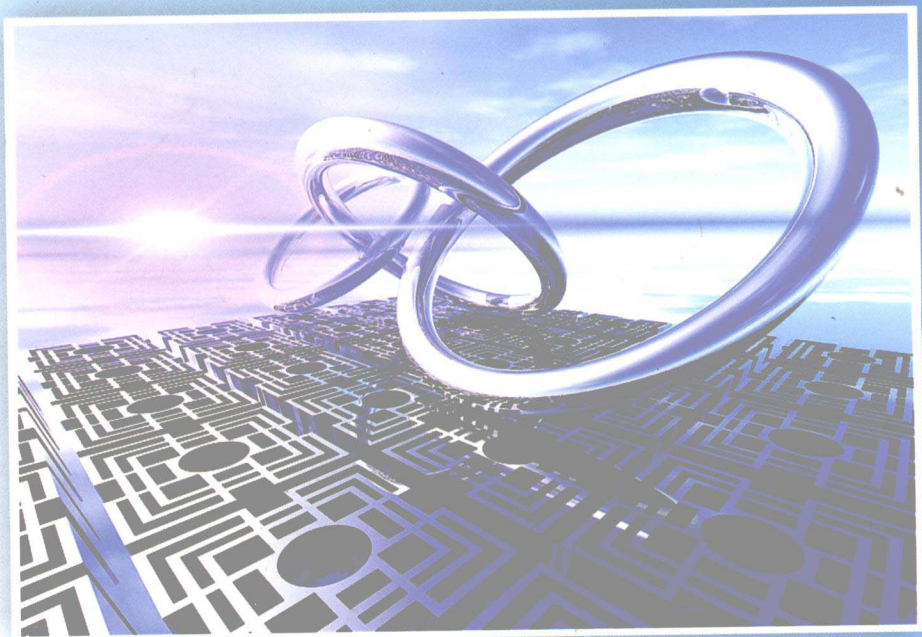


高等学校十二五规划教材·实验技能类

电路与电工技术实验与仿真

DIANLU YU DIANGONGJISHU SHIYAN YU FANGZHEN

主编 郭锁利



西北工业大学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

电路与电工技术实验与仿真

PLC、单片机及变频器应用案例解密 电工技能实训案例解密

主编 廖卫华



清华大学出版社

电路与电工技术实验与仿真

主 编 郭锁利

编 者 郭锁利 毕经存

李 琪 闫四海

主 审 罗正文

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是根据高等学校工科专业电路原理和电工技术实验课程的基本要求,针对加强学生实践能力和创新能力培养的教学目的而编写的。

本书分为3个部分:第1部分是实验的基本知识,介绍了实验常用的测量方法和技术以及电路调试技术和故障排除方法;第2部分是电路基础与电工技术实验,包括基本实验、综合实验和设计实验共21个;第3部分是电路实验仿真,介绍仿真软件 Multisim9.0 的安装、特点和功能。

本书可作为高等学校工科各专业本科生的电路与电工技术实验的教材。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电工技术实验与仿真/郭锁利主编. —西安:西北工业大学出版社,2010.8

ISBN 978-7-5612-2866-1

I. ①电… II. ①郭… III. ①电路—实验②电路—计算机仿真③电工技术—实验④电工技术—计算机仿真 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 158358 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西天元印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.5

字 数:376 千字

版 次:2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价:27.00 元

前 言

本书是根据第二炮兵工程学院“新一代人才培养方案”和新的电工与电子技术实验课程标准,并结合第二炮兵工程学院电工电子技术实验教学实际编写而成的实践性教程,它可作为高等学校工科各专业本科生的模拟电子技术实验教材。

电路基础是高等工科院校的重要专业基础课之一,是一门理论性和实践性都很强的课程。实验是该课程的一个重要环节。通过这一实践性教学环节,不仅要达到巩固和加深理解所学的知识,更重要的是训练实验技能,根据理论知识来指导实验,树立工程实际观点和严谨的科学作风。按照实验能力培养的规律,着力培养学生的独立思考和勇于创新的精神,基于“学习是基础、思考是关键、实践是根本”的指导思想,我们编写了这本实验教材。

使用本书应重点放在:

- (1) 注意理论对实验的指导作用,对实验结果应能做出理论分析和正确解释。
- (2) 注重训练实验基本技能及实验经验积累。
- (3) 细心观察,善于发现问题并解决问题,突出创新能力的培养。

本书介绍了电路及电工基础实验的基本知识,深入浅出地阐述了电路实验的基本方法和测试原理;引入了 21 个基本实验项目,包括直流电路实验(基尔霍夫定律、叠加原理、RC 一阶电路、RLC 电路等)、交流电路实验(正弦稳态交流电路相量的研究、RC 选频网络特性测试、互感电路测试、三相交流电路电压电流测量、三相电路功率的测量等)等的交、直流信号测试内容;详细介绍了 Multisim 9.0 电路仿真软件的基础知识、基本操作并提供了具体操作实例。

本书的指导思想是培养学生掌握实验基本技能和基本测试技术的能力。为此,本书在编写时融合了电路分析基础、电子测量技术等相关理论知识。实验项目的选取力求做到验证性实验强调基本技能的训练,设计性实验利用计算机仿真软件及虚拟仪器等手段对电路进行仿真设计、运行和分析,帮助学生发现问题、分析问题、解决问题,使学生更好地掌握基础实验知识、基本实验技能,为独立完成综合性、设计性实验打下坚实的基础。

全书共分 3 部分。郭锁利、毕经存负责全书的修改和定稿,并编写第 1, 2, 3 部分主要内容,第 3 部分由李琪编写部分章节,闫四海参与编写了附录和部分实验内容和全书的校对和文字修改工作。本书由郭锁利任主编,由罗正文副教授担任主审。

在本书编写过程中,我们得到第二炮兵工程学院基础实验中心和电工电子技术教研室领导和全体教员的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中存在一些不足之处,希望读者提出宝贵意见。

编 者

2009 年 10 月

目 录

第 1 部分 电路与电工技术实验基础	1
1.1 电路与电工技术实验须知	1
1.2 基本测量技术	12
第 2 部分 电路基础与电工技术实验	23
实验 1 电位、电压的测定及电路电位图的绘制	23
实验 2 基尔霍夫定律的验证	25
实验 3 叠加原理和齐次定理	26
实验 4 运算放大器和受控源	28
实验 5 受控源的实验研究	33
实验 6 戴维南定理	40
实验 7 最大功率传输条件测定	43
实验 8 RC 一阶电路的响应测试	45
实验 9 二阶动态电路响应的研究	48
实验 10 RLC 元件阻抗特性的测定	50
实验 11 用三表法测量电路等效参数	52
实验 12 RLC 串联谐振电路的研究	55
实验 13 有源滤波器	58
实验 14 正弦稳态交流电路相量的研究	65
实验 15 RC 选频网络特性测试	68
实验 16 负阻抗变换器	71
实验 17 回转器	74
实验 18 互感电路测试	78
实验 19 三相交流电路电压、电流测量	81
实验 20 三相电路功率的测量	83
实验 21 功率因数及相序的测量	87
第 3 部分 电路实验仿真	90
3.1 Multisim 9.0 概述	90
3.2 Multisim 9.0 入门	106
3.3 Multisim 9.0 元件与元件库	131

3.4 Multisim 9.0 虚拟仪器	177
附录.....	234
附录 1 TPE—DG1 电路实验箱介绍	234
附录 2 EEEEC—3C 交流电路实验箱	235
附录 3 日光灯电路及其工作原理	236
附录 4 功率表的使用方法	237
附录 5 常用仪表的连接方法	238
参考文献.....	241

第1部分 电路与电工技术实验基础

1.1 电路与电工技术实验须知

1.1.1 电路与电工技术实验的目的和意义

电路与电工技术是一门具有工程特点和实践性很强的课程,实验是该课程教学中不可缺少的实践性环节。加强工程训练,特别是实验技能的培养,对于培养工程技术人员的素质具有十分重要的作用。

在电子技术飞速发展的今天,要求工程技术人员既要有扎实的理论知识,又必须具备良好的实验技能和解决工程实际问题的能力,这些均离不开实验的基本训练。此外,通过实验训练,可以培养学生勤奋、进取、严谨、理论联系实际的工作作风。

1.1.2 实验的基本要求

为了促进学生更好地学习基本理论,独立思考和高效率地完成实验,对实验的每个阶段提出了以下基本要求。

一、实验前的预习

- (1)明确本次实验的目的和任务,掌握有关实验的基本原理。
- (2)了解完成实验的方法和步骤,拟出实验的接线图及实验结果的记录图(设计性实验则要依据设计要求完成设计任务)。
- (3)了解实验的注意事项及所需仪器设备的使用方法。
- (4)解答思考题所提出的问题,对实验可能产生的结果进行预估,写出预习报告。

二、实验操作

- (1)参加实验者必须自觉遵守实验室规则。
- (2)接线前熟悉所选仪器设备额定值及正确使用方法,将仪器的可调旋钮置于最安全位置,并检查实验器件的性能。
- (3)根据实验内容合理布局仪器仪表和实验对象的位置,按实验方案合理安装实验电路,检查电路及仪器连接无误后,才能通电实验。
- (4)每次测量后,如实记录实测数据和波形,并分析、判断所得数据及波形是否正确。对认为错误的的数据,暂不要擦去或更改,因为“错误”的数据有时经过比较后可能是正确的。
- (5)对待实验中的故障现象,应积极独立思考,耐心排除,并记录故障现象及排除方法。
- (6)如发现有不正常现象(光、热、声、味、烟及表针指示异常等),应立即断开电源,报告实验指导教师,并及时查找原因。
- (7)实验结束后,先断电源,暂不拆线。待认真检查实验结果没有遗漏和错误,请指导教师

验收签字后再拆除线路,关闭仪器设备电源,整理好实验台。

三、实验报告

撰写实验报告是一个工程技术人员必须具备的能力。实验报告是对实验过程的全面总结,它对实验技术交流、成果推广或学术评价起着至关重要的作用。书写实验报告应选用规定的实验报告用纸,实验报告由实验前的预习报告和实验完成后的数据分析报告两部分构成,要求文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、分析合理、结论正确。

1. 预习报告内容

(1)实验名称、日期、实验者及合作者。

(2)实验目的。

(3)实验原理与说明。

(4)实验任务及步骤。

(5)思考题解答。

(6)拟定实验结果的记录图表,对实验数据进行预估。

2. 实验数据分析报告内容

在预习报告的基础上,完成以下内容。

(1)根据原始记录整理、处理测试的数据,列表格或用坐标纸描绘波形。实验报告应附有指导教师签字的原始记录。

(2)实验结论。找出产生误差的原因,提出减少实验误差的措施。

(3)实验的心得体会。这部分是实验报告的重点,包括记录故障情况,说明排除故障的方法和过程,提出实验的建议及实验的体会等。

(4)仪器设备。记录所用仪器设备的名称、型号、规格、数量等。

1.1.3 电路的合理布局与正确接线

一、合理布局

实验仪器和器件的合理布局、正确接线是完成实验的关键性工作,它不仅使电路整齐美观,而且能提高电路的工作可靠性,便于检查和排除故障。

合理布局即根据实验任务和仪器设备条件,合理安排各仪器设备和实验装置的位置。实验仪器的布局应以方便数据的调整和读取为原则,电源设备靠近电源开关,仪表严禁歪斜或重叠放置;摆放后的对象应使位置、距离、跨接线对实验结果影响小。实验器件的布局,一般按主电路信号流向的顺序直线排列,各级的元器件围绕各级的中心元件(晶体管、集成块、日光灯)布置。第一级的输入线与输出线、高频线与低频线要远离,连线应尽量短和少,不允许导线在集成块上方跨过,且应尽量避免导线不必要的交叉和跨越设备,以避免形成空间交叉耦合,减少分布参数对电路性能的影响。为便于电路检查,可采用不同颜色的导线布线(如正电源线用红色,负电源线用绿色,地线用黑色)。

二、正确接线

对于初学者,接线时应按电路图一一接线。连接电路时应注意,导线长短要适中。接线太长则缠绕不清,不便检查;太短则牵扯仪器,易脱线造成事故。对于复杂的电路,正确接线的程序是:按图布置,先将电路图按回路分解,然后按照一个一个回路完成电路的连接,先串后并,先分后合,先主后辅。

1. 按图布置

首先根据电路图,找出所需仪器、仪表与设备,放在实验台相应的位置。

2. 先串后并

先连接串联回路中的器件,然后连接并联支路的器件,导线的接线片不宜过多集中于一点,每点最好不要超过两个接线片。

3. 先分后合

对复杂的线路,要根据其特点分成几个分线路。先连接各个分线路,然后再将各分线路连成一个完整的线路。

4. 先主后辅

若所连线路是一个复杂的系统,通常是先连接主电路,后连接辅助电路(又称控制电路)。

三、调试前的直观检查

电路安装完毕,通常不要急于通电调试,而要对电路进行认真检查。检查内容包括以下几方面。

1. 连线是否正确

以电路图为依据,按一定顺序逐一检查安装好的线路,查出错线、少线和多余连线;也可按照实际线路对照电路图进行查线,这是一种以元件为中心进行查线的方法。即:将每个元件(包括器件)引脚的连线一次查清,检查每个去处在电路图上是否存在。这种方法不但可以查出错线和少线,还容易查出多线。

2. 元器件安装情况

主要检查元器件引脚之间有无短路,二极管、晶体管、集成件和电解电容极性等是否连接有误,连接处有无接触不良。

3. 电源端对地($\perp$)是否存在短路

在通电前,用万用表检查电路的电源端对地是否存在短路,并检查供电电源的极性和大小是否正确、信号源连线是否正确。确认无误后,方可进行调试。

四、调试方法

调试包括测试和调整两个方面。所谓电子电路的调试,是以达到电路设计指标为目的而进行的一系列的测量—判断—调整—再测量的反复进行过程。调试通常采用先分调后总调的方法。

大家知道,任何复杂电路都是由一些基本单元电路组成的,因此,调试时可以循着信号的流程,把组成电路的各功能块(或基本单元电路)先调试好,并在此基础上逐步扩大调试范围,最后完成整机调试。对于包括模拟电路、数字电路和微机系统的电子装置,更应采取这种方法进行调试。因为只有把三部分分开调试,分别达到设计指标,并经过信号及电平转换电路后才能实现整机总调。否则,由于各电路要求的输入、输出电压和波形不匹配,盲目进行连调,就可能造成大量器件损坏或调试失败。除了上述方法外,对于已定型的产品和须要相互配合才能运行的产品,可采用一次性调试。

1.1.4 电子线路故障检查的一般方法

实验中出现故障,不一定是坏事。常常可以在排除故障的过程中增强分析问题和解决实际问题的能力,这往往比十分顺利地一次实验的收获要大。分析、寻找和排除故障是电气

工程人员必须具备的实际技能。

如果在实验中出现元、器件发烫、冒烟、电源短路及仪器设备出现异味的破坏性故障,应立即切断电源,避免故障的扩展。对这类故障,应采用断电检查的方法,待故障排除后,方可重新通电。

1. 断电检查法

(1)断开电源与实验装置的连接,检查电源电压的等级和极性是否符合要求。

(2)检查仪器及其输出线是否完好,选用和使用是否正确。

(3)检查元器件的型号是否正确,是否有烧坏、缺损情况。

(4)检查电解电容的极性,二极管和晶体管的管脚,集成电路的引脚有无错接、漏接、互碰等情况。

(5)依照电路图,用指针式万用表“ $\Omega \times 1$ ”挡或数字式万用表“ Ω ”挡的蜂鸣器来直接测量元器件引脚之间的连接,检查接触不良、短路、断线等问题。

2. 通电检查

(1)静态测试。对于模拟电子电路,先不外加输入信号,用万用表测量晶体管的静态工作点是否正常,来判断电路中元器件参数选择是否合理,晶体管是否损坏以及电路连线中的断线、错线等问题。

(2)动态逐级跟踪检查。在电路的输入端接入适当频率和幅值的信号,并循着信号的流向逐级检测各有关点的波形、参数和性能指标。查找故障的顺序可以从输入级到输出级,也可以从输出级到输入级进行测试,并且依据理论值及器件的性能进行分析和推断。对于脉冲数字电路,可以自己设计一个发光二极管检测电平 of 电路或使用实验装置上的发光二极管,按照信号的流程从输入级到输出级(或者相反)逐级检测电路的逻辑状态,从而判断故障。

(3)替换法检查。采用替换法检查,可通过更换同型号元器件来发现故障。

3. 故障分析举例

在图 1-1-1 所示故障分析电路中,a~m 分别为各器件的接线端,它们之间用导线连接。当开关 S 闭合后,电压表和电流表均无读数。

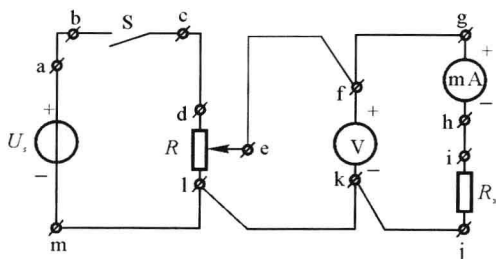


图 1-1-1 故障分析电路

首先,可以利用直观检查法检查电路连线是否正确,电压表及电流表的量程和极性是否正确。排除上述因素后,采用通电检查法查找故障。若取 m 点为电位参考点,可从 a 点开始,依照电流的流向进行检查。若测得 $V_a = U_s$,表明电源工作正常。再测 V_b ,若 $V_b = U_s$,说明 a 和 b 之间的连线完好;若 $V_b = 0$,说明 a 和 b 之间开路。然后依次检查 c,d,e 等各点电位,直到查

出故障。

若图1-1-1中的电源为交流信号源,可以取m点为电位参考点,用示波器依次观察a点到i点各点的波形来判断故障。实验中通常将电压表、示波器等仪表配合使用来查找故障。

1.1.5 电气安全基础

一、电流对人体的作用

当人体接触带电体时,电流会对人体造成不同程度的伤害,即发生触电事故。触电事故可分为电击和电伤两种类型。

1. 电击

电击是指电流通过人体时所造成的身体内部伤害,它会破坏人的心脏、呼吸及神经系统的正常工作,使人出现痉挛、窒息、心颤、心脏骤停等症状,甚至危及生命。绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。通常所说的触电事故基本上是指电击事故。电击后通常会留下较明显的特征:电标、电纹、电流斑。电标是指电流出入口处所产生的炭化标记;电纹是指电流通过皮肤表面,在其出入口间产生的树枝状不规则发红线条;电流斑是指电流在皮肤出入口所产生的大小溃疡。

电击可分为直接电击和间接电击。直接电击是指人体通过直接触及正常运行的带电体所发生的电击;间接电击则是指电气设备发生故障后,人体触及意外带电部位所发生的电击。直接电击又称为正常情况下的电击,间接电击又称为故障情况下的电击。在触电事故中,直接电击和间接电击都占有相当比例,因此采取安全措施时要全面考虑。

2. 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应或力学效应对人体造成的伤害。电伤可伤及人体内部,但多见于人体表面,且常会在人体上留下伤痕。电伤可分为以下几种情况:

(1)电弧烧伤。电弧烧伤又称为电灼伤,是电伤中最常见也是最严重的一种,多由电流的热效应引起,但与一般的水、火烫伤性质不同。具体症状是皮肤发红、起泡,甚至皮肉组织被破坏或烧焦。通常发生在低压系统带负荷拉开裸露的刀开关时,线路发生短路或误操作引起短路时,开启式熔断器熔断时炙热的金属微粒飞溅出来时,高压系统因误操作产生强烈电弧时(可导致严重烧伤),人体过分接近带电体(间距小于安全距离或放电距离)而产生强烈电弧时(可造成严重烧伤而致死)。

(2)电烙印。电烙印是指电流通过人体后在接触部位留下的斑痕。斑痕处皮肤变硬,失去原有弹性和色泽,表层坏死,失去知觉。

(3)皮肤金属化。皮肤金属化是由于电流或电弧作用产生的金属微粒渗入了人体皮肤造成的,受伤部位变得粗糙坚硬并呈特殊颜色(多为青黑色或褐红色)。须要说明的是,皮肤金属化多在弧光放电时发生,而且一般都伤在人体的裸露部位,与电弧烧伤相比,皮肤金属化并不是主要伤害。

(4)电光眼。电光眼表现为角膜炎或结膜炎。在弧光放电时,紫外线、可见光、红外线均可能损伤眼睛。短暂的照射时,紫外线是引起电光眼的主要原因。

二、常见的触电方式

发生触电事故的情况是多种多样的,但归纳起来主要包括以下三种情形:单相触电,两相

触电,跨步电压、接触电压和雷击触电。

1. 单相触电

在电力系统的电网中,有中性点直接接地单相触电和中性点不接地单相触电两种情况。

中性点直接接地电网中的单相触电如图 1-1-2 所示。当人体接触导线时,人体承受相电压。电流经过人体、大地和中性点接地装置形成闭合回路。触电电流的大小决定于相电压和回路电阻。

中性点不接地电网中的单相触电如图 1-1-3 所示。因为中性点不接地,所以有两个回路的电流通过人体。一个是从 L_3 相导线出发,经人体、大地、线路对地阻抗 Z 到 L_1 相导线,另一个是同样路径到 L_2 相导线。触电电流的数值决定于线电压、人体电阻和线路的对地阻抗。

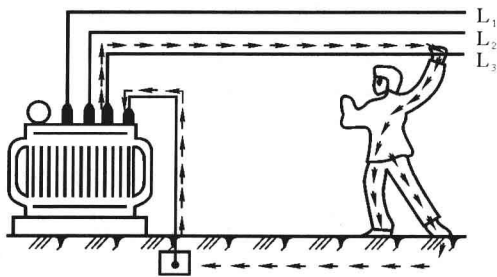


图 1-1-2 中性点直接接地系统的单相触电

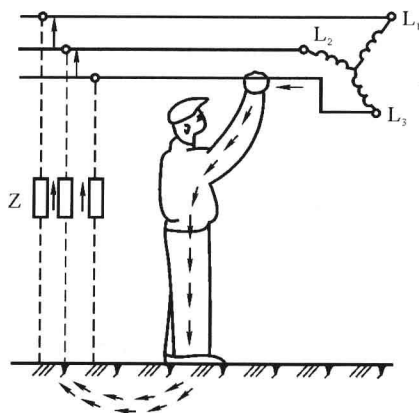


图 1-1-3 中性点不接地系统的单相触电

2. 两相触电

人体同时与两相导线接触时,电流就由一相导线经人体至另一相导线,这种触电方式称为两相触电,如图 1-1-4 所示。两相触电最危险,因为施加于人体的电压为全部工作电压(即线电压),且此时电流将不经过大地,直接从 L_2 相经人体到 L_3 相,而构成了闭合回路。因此,不论中性点是否接地、人体对地是否绝缘,都会使人触电。

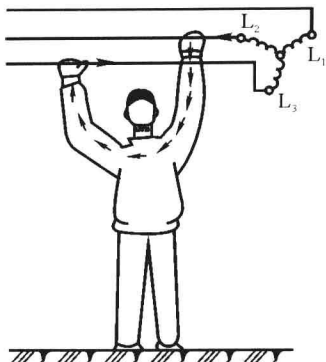


图 1-1-4 两相触电

3. 跨步电压、接触电压和雷击触电

当一根带电导线断落到地上时,落地点的电位就是导线所具有的电位,电流会从落地点直接流入大地。离落地点越远,电流越分散,地面电位也就越低。对地电位的分布曲线如图 1-1-5 所示。以电线落地点为圆心可画出若干同心圆,它们表示了落地点周围的电位分布。离落地点越近,地面电位越高。人的两脚若站在离落地点远近不同的位置上,两脚之间就存在电位差,这个电位差就称为跨步电压。跨步电压触电如图 1-1-6 所示。此时由于电流通过人的两腿之间而较少通过心脏,故危险性较小。但若两脚发生抽筋而跌倒,触电的危险性就显著增大。此时应赶快将双脚并拢或用单脚着地跳出危险区。

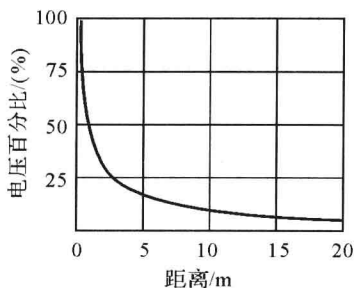


图 1-1-5 对地电位的分布曲线

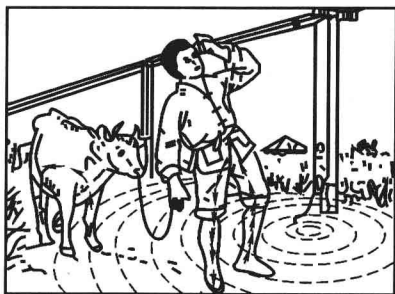


图 1-1-6 跨步电压触电

导线断落地面后,不但会引起跨步电压触电,还容易产生接触电压触电。如图 1-1-7 所示,当一台电动机的绕组绝缘损坏并接触外壳接地时,因三台电动机的接地线连在一起,它们的外壳都会带电且都为相电压,但地面电位分布却不同。左边人体承受的电压是电动机外壳与地面之间的电位差,即等于零。右边人体所承受的电压却大不相同,因为他站在离接地体较远的地方用手摸电动机的外壳,而该处地面电位几乎为零,故他所承受的电压实际上就是电动机外壳的对地面电压即相电压,就会使人触电,这种触电称为接触电压触电,它对人体有相当严重的危害。所以,使用中的每台电动机都要实行单独的保护接地。

此外,雷电发生的触电现象称为雷击触电。人和牲畜也有可能由于跨步电压或接触电压而导致触电。

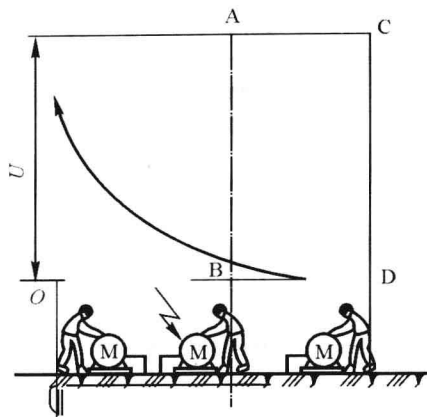


图 1-1-7 接触电压触电

三、电气安全措施

为防止发生触电事故,除了在思想上提高对安全用电的认识,树立“安全第一”的思想,严格执行安全操作规程,以及采取必要的组织措施外,还必须依靠一些完善的技术措施。

1. 隔离带电体的防护措施

有效隔离带电体是防止人体遭受直接电击事故的重要措施,通常采用以下几种方式。

(1)绝缘。绝缘是用绝缘物将带电体封闭起来的技术措施。良好的绝缘既是保证设备和线路正常运行的必要条件,也是防止人体触及带电体的基本措施。电气设备的绝缘只有在设备遭到破坏时才能除去。电工绝缘材料是指电阻率在 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 以上的材料。

(2)屏护。屏护是采用屏护装置控制不安全因素,即采用遮拦、护罩、护盖、箱(匣)等将带电体同外界隔绝开来的技术措施。

屏护装置既有永久性装置(如配电装置的遮拦、电器开关的罩等),也有临时性屏护装置(如检修工作中使用的临时性屏护装置);既有固定屏护装置(如母线的护网),也有移动屏护装置(如跟随起重机移动的滑触线的屏护装置)。

对于高压设备,不论是否有绝缘物质,均应采用屏护措施或其他防止人体接近的措施。

在带电体附近作业时,可采用能移动的遮拦作为防止触电的重要措施。检修遮拦可用干燥的木材或其他绝缘材料制成,使用时置于过道、入口或工作人员与带电体之间,可保证检修工作的安全。

对于一般固定安装的屏护措施装置,因其不直接与带电体接触,对所有材料的电气性能没有严格要求,但屏护装置所用材料应有足够的机械强度和良好的耐火性能。

(3)间距。间距是将可能触及的带电体置于可能触及的范围之外。为了防止人体及其他物品接近带电体、防止火灾、防止过电压放电和各种短路事故及操作方便,在带电体与地面之间、带电体与其他的设备之间、带电体与带电体之间均须保持一定的安全距离。如架空线路与地面、水面距离,架空线路与有火灾、爆炸危险厂房的距离等。安全距离的大小决定于电压的高低、设备的类型、安装的方式等因素。

2. 采用安全电压

安全电压值取决于人体允许电流和人体电阻的大小。我国规定工频安全电压的上限值

(即在任何情况下,两导体间或导体与地之间均不得超过的工频有效值)为 50 V。这一限制是根据人体允许电流 30 mA 和人体电阻 $1\,700\ \Omega$ 的条件确定的。国际电工委员会还规定了直流安全电压的上限值为 120 V。

3. 保护接地(简称接地)

保护接地就是在中性点不接地的低压(1 kV 以下)供电系统中,将电气设备的金属外壳或构架与接地体良好地连接,如图 1-1-8 所示。保护接地应用十分广泛,属于防止间接接触电击的安全技术措施。保护接地的作用原理是利用数值较小的接地装置电阻(低压系统一般应控制在 $4\ \Omega$ 以下)与人体电阻并联,将漏电设备的对地电压大幅度地降低至安全范围内。此外,因人体电阻远大于接地电阻,由于分流作用,通过人体的故障电流将远小于流经接地装置的电流,极大地减小了对人体的危害。采用保护接地的电力系统不宜配置中性线,以简化过电流保护和便于寻找故障。

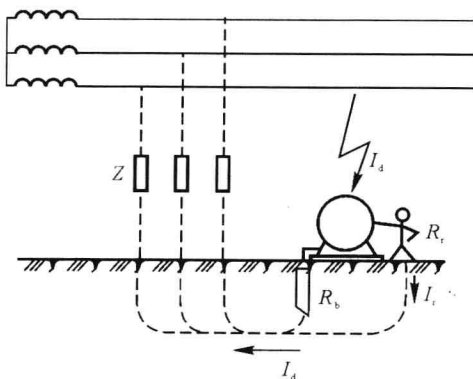


图 1-1-8 保护接地原理示意图

4. 保护接零

保护接零就是在电源中性点接地的三相四线制供电系统中,将电气设备的金属外壳或构架与电源的零线相连接,如图 1-1-9 所示。当电气设备的金属外壳与零线相接后,若设备某相发生碰壳漏电故障,该相就会通过金属外壳与接零线形成单相短路,使该相上的保护装置迅速动作,从而切断了故障设备的电源,确保了安全。

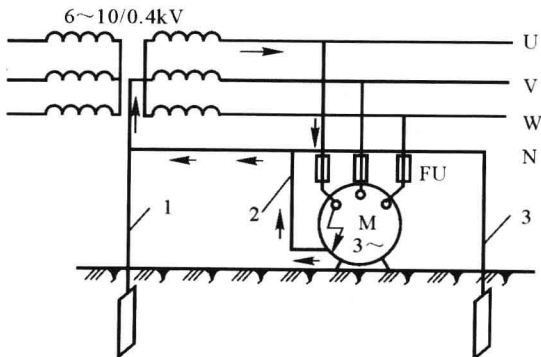


图 1-1-9 保护接零原理示意图

1—工作接地； 2—保护接零； 3—重复接地

采用保护接零时,零线不允许断开。因此,除了电源零线上不允许接开关、熔断器外,在实际应用中,用户端往往将电源零线重复接地,以防零线断开。

5. 漏电保护器

漏电保护器是检测漏电电流的保护装置,是防止电气设备因绝缘损坏而漏电,造成人身触电伤亡、设备烧毁及火灾事故最有效的保护措施。在漏电电流达到或超过额定值时,漏电保护器能自动切断电路。它在反映触电和漏电方面具有高灵敏度和快速性。

按漏电保护器的检测信号,可将其分为电压型和电流型;按脱扣形式,可将其分为电磁式和电子式;按保护功能和结构特征,又可将其分为漏电开关、漏电断路器、漏电继电器、漏电保护插座等。

四、触电急救知识

触电急救时,首先要使触电者迅速脱离电源,然后根据触电者的具体情况,迅速对症救护。

1. 使触电者脱离电源的安全注意事项

- (1)救护人员不得采用金属或其他潮湿的物品作为救护工具。
- (2)在未采取任何绝缘措施前,救护人员不得直接接触及触电者的皮肤或潮湿的衣服。
- (3)在使触电者脱离电源的过程中,救护人员最好用一只手操作,以防再次发生触电事故。
- (4)当触电者站立或位于高处时,应采取措施防止脱离电源后触电者的跌倒或坠落。
- (5)夜晚发生触电事故时,应考虑切断电源后的事故照明或临时照明,以利于救护。

2. 使触电者脱离电源的具体方法

(1)触电者若是触及低压带电设备,救护人员应设法迅速切断电源(如拉开电源开关、拔出电源插头等);或使用绝缘工具、干燥的木棒、绳索等不导电的物品使触电者与电源脱离;也可抓住触电者干燥而不贴身的衣服使其脱离电源(切记要避免碰到金属物体和触电者的裸露身躯);也可戴绝缘手套或将手用干燥衣物等包起来去拉触电者,或者站在绝缘垫等绝缘物体上拉触电者使其脱离电源。

(2)低压触电时,如果电流通过触电者接地,且触电者紧握电线,可设法用干木板使触电者与地面隔离,也可用干木把斧子或有绝缘柄的钳子等将电线剪断(剪电线时要一根一根地剪,并尽可能站在绝缘木或干木板上)。

(3)触电者若是触及高压带电设备,则救护人员应迅速切断电源;或用适合该电压等级的绝缘工具(戴绝缘手套、穿绝缘靴并用绝缘棒)去使触电者脱离电源(抢救过程中应注意保持自身与周围带电部分必要的安全距离)。

(4)如果触电发生在杆塔上,对于低压线路,凡能切断电源的应迅速切断电源;不能立即切断时,救护人员应立即登杆(系好安全带),用带绝缘胶柄的钢丝钳或其他绝缘物使触电者脱离电源。对于高压线路且又不可能迅速切断电源时,可用抛挂钢丝等方法使线路短路,从而导致电源开关跳闸。抛挂前要先将短路线固定到接地体上,另一端系重物(抛掷时应注意防止电弧伤人或因其断线危及人员安全)。

(5)不论是高压或低压线路上发生的触电,救护人员在使触电者脱离电源时,均要预先注意防止发生高处坠落和再次触及其他有电线路的可能。

(6)若触电者触及了断落在地面上的带电高压线,在未确认线路无电或未做好安全措施(如穿绝缘靴等)之前,救护人员不得接近断线落地点的距离为8~12 m,以防止跨步电压伤人(但可临时将双脚并拢蹦跳地接近触电者)。在使触电者脱离带电导线后,应迅速将其带至8~12 m外并立即开始紧急救护。只有在确认线路已经无电的情况下,才可在触电者倒地现场就地立即进行对症救护。