

漏电保护器实用技术

梁正习 编著



化学工业出版社

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

漏电保护器实用技术/梁正习等著. —北京:化学工业出版社, 1995.8

ISBN 7-5025-1532-1

I. 实… II. 梁… III. 漏电保护器技术 IV. TM564.8

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第06033号

出版发行: 化学工业出版社 (北京市朝阳区惠新里3号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经销: 新华书店北京发行所
印刷: 北京通县京华印刷厂
装订: 北京通县京华印刷厂
版次: 1995年9月第1版
印次: 1995年9月第1次印刷
开本: 787×1092 1/32
印张: 6 1/2
字数: 146千字
印数: 1—4000
定价: 9.80元

内 容 提 要

本书介绍了漏电保护器的设计、安装、维护和检修应用技术，对各种电压系统不同接地形式的漏电保护器的安装、接线错误、参数选择不当的实例及测试做了阐述。

全书共分九章。第一章漏电的危害，第二章低压配电系统接地形式，第三章漏电保护器的设置，第四章漏电保护器原理及生产概况，第五、六章电流动作型漏电保护器漏电流的计算及其它参数的选择，第七章漏电保护器的安装与接线，第八章防止漏电保护器的误动作，第九章测试与检修。

本书供全国城乡供用电管理人员和工业企业电气技术人员使用，也可作院校师生参考。

目 录

绪 论	(1)
第一章 漏电的危害及漏电保护器的功能	(3)
第一节 人身触电事故	(3)
第二节 漏电引起火灾或造成设备损坏	(17)
一、漏电引起火灾	(17)
二、漏电造成设备损坏	(17)
第三节 漏电保护器的功能	(17)
第二章 低压配电系统接地	(20)
第一节 TN-C系统	(21)
第二节 TN-S系统	(25)
第三节 TN-C-S系统	(26)
第四节 TT系统	(27)
第五节 IT系统	(28)
第三章 漏电保护器的设置	(38)
第一节 需要装设漏电保护器的场所	(38)
第二节 不宜设置漏电保护器的场所	(40)
第四章 漏电保护器原理及生产概况	(42)
第一节 电压动作型漏电保护器	(48)
第二节 电流动作型漏电保护器	(51)
一、单相回路	(51)
二、三相回路	(52)
三、无互感器零序电流型漏电保护装置	(53)
四、泄漏电源型漏电保护装置	(55)
五、具有一次自动重合闸功能的组合式漏电保护器	(56)

第三节 我国漏电保护器生产概况	(67)
第五章 电流动作型漏电保护器漏电电流的计算	(86)
第一节 分项计算法	(87)
一、照明负荷	(87)
二、电动机负荷	(87)
三、电热负荷	(88)
四、电焊设备负荷	(89)
五、电子计算机负荷	(91)
六、线路	(91)
七、漏电电流的选取	(93)
第二节 限值电流法	(94)
第三节 按保护目的选择漏电电流	(95)
一、防止人身触电事故	(95)
二、防止漏电酿成火灾	(96)
三、防止漏电造成设备损坏	(97)
第六章 电流型漏电保护器其它参数的选择	(99)
第一节 漏电保护器的安装环境	(99)
一、爆炸危险环境	(99)
二、火灾危险环境	(99)
三、腐蚀性环境	(100)
四、摇动、振动和冲击环境	(100)
五、磁场干扰	(104)
六、相对湿度	(105)
七、环境温度	(106)
八、海拔高度	(108)
第二节 按系统的各种电流参数选择漏电保护器	(109)
一、负荷电流	(109)
二、启动电流与冲击电流	(111)
三、短路电流及限制短路电流	(114)

第三节 正确选择漏电保护器极数·····	(115)
第四节 按上下级协调配合选择漏电保护器·····	(116)
一、上下级额定漏电动作电流的协调配合·····	(116)
二、漏电保护器漏电动作时间及上下级协调配合·····	(117)
三、三级保护方式·····	(121)
第五节 漏电保护器选择实例·····	(123)
第七章 漏电保护器的安装与接线·····	(131)
第一节 漏电保护器的安装·····	(131)
一、漏电保护器的安装位置·····	(131)
二、漏电保护器零序电流互感器的安装·····	(131)
第二节 漏电保护器的接线·····	(132)
一、漏电保护器电源侧与负载侧的连接·····	(132)
二、三相四线制电路漏电保护器的接法·····	(133)
三、组合式漏电保护器的安装接线·····	(134)
四、单相负荷和三相负荷共用回路漏电保护器接法·····	(135)
五、共同接地装置的接法·····	(136)
第三节 在不同低压配电系统接地型式 中 漏 电 保 护 器的接线·····	(138)
一、TN-C系统中漏电保护器的接线·····	(138)
二、TN-S系统中漏电保护器的接线·····	(139)
三、TN-C-S系统中漏电保护器的接线·····	(139)
四、TT系统中漏电保护器的接线·····	(141)
五、IT系统中漏电保护器的接线·····	(142)
第四节 漏电保护器与插座的连接·····	(143)
一、插座、插孔标志及使用·····	(143)
二、TN-C系统漏电保护器与插座的连接·····	(145)
三、TN-S系统漏电保护器与插座的连接·····	(146)
四、TN-C-S系统漏电保护器与插座的连接·····	(146)
五、TT系统漏电保护器与插座的连接·····	(148)
第八章 防止漏电保护器误动作·····	(149)

第一节	产品质量不良造成误动作	(149)
第二节	漏电保护器参数选择不当引起误动作	(152)
一、	漏电保护器的极数选择不当	(152)
二、	漏电保护器额定漏电动作电流 ($I_{\Delta n}$) 选择偏小	(152)
三、	漏电保护器的过电流脱扣器额定电流选择不当	(153)
第三节	接线错误造成漏电保护器误动作	(155)
一、	中性线问题	(155)
二、	组合式漏电保护器接线问题	(163)
三、	插座与插销间协调配合问题	(167)
四、	漏电保护器并联问题	(169)
五、	接有自耦式负载问题	(169)
六、	电子计算机或电子设备的接线问题	(170)
七、	装有漏电保护器的变压器并联运行问题	(171)
第四节	电网质量低造成漏电保护器误动作	(171)
第九章	测试与检修	(173)
第一节	漏电保护器本身测试	(173)
一、	测试额定漏电动作电流值 $I_{\Delta n}$	(173)
二、	测试动作时间	(174)
三、	绘制漏电保护器的动作特性曲线	(174)
第二节	低压配电线路泄漏电流的测试	(179)
第三节	常见故障及检修	(184)
	主要参考文献	(187)
附录	漏电保护器产品介绍	(183)

绪 论

目前用电已遍及各行各业，延伸到千家万户，电热器、暖气供人们取暖，电风扇、空调器给人们凉爽；衣服洗熨有洗衣机、电熨斗；食物保鲜有电冰箱、电冰柜；电灯、电视更是每日不离，中断供电会给人们造成许多烦恼与不便。随着用电的日益广泛，触电及火灾事故也大幅度地增加，越来越引起有关方面的重视。

1912年德国发明了电压动作型漏电断路器。1928年西欧国家开始采用漏电保护器。1930年德国制订了世界上第一部电压动作型漏电断路器VDE标准。1939年英国制订了电压动作型漏电断路器BS 842标准。1940年法国制成了世界上第一台电流动作型漏电断路器样品。五十年代德国批量生产电流动作型漏电断路器，并在1963年制订了电流动作型漏电保护开关标准。英国在1968年也制订了类似标准。大致说来，六十年代电压动作型漏电保护器得到了应用，七十年代电流动作型漏电保护器得到很快发展。各国先后相应制定或修改了漏电保护器的有关规定。例如德国DIN 57664—1981/第一部分《故障电流保护装置》。DIN 57664—1983/第二部分《故障电流保护装置》。“VDE-0664—1985”德国电气工程师协会标准。日本工业标准“JISC-8371—1974，1980”，“JISC 8374—1981”。英国国家标准“BS-4293—1985”。美国保险商试验所标准“UL-943—1977，1985”，“UL-1053—1982”。国际电工委员会在1983年也制订了“IEC 755—1983”标准“剩余电流动作保护器的一般要求”。我

国在1986年7月制订了《GB 6829—86漏电流动作保护器（剩余电流动作保护器）》，规定从1987年7月起执行，至今已有多
年，但多侧重人身触电保护方面。

我国1983年由劳动人事部1983（37）号文颁发《GB 3787—83手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》，
要求安装漏电保护器。随后各省市劳动局、供电局陆续下文要
求安装漏电保护器。劳动部劳安字〔1990〕16号《漏电保护器安
全监察规定》，对漏电保护器的生产、销售、使用、安装、监
督、检验、处罚等方面作了较全面规定。

由于漏电保护器发展很快，在1000V以下低压系统中，特
别是在工业企业中，关于设计、安装、使用漏电保护器方面可
供设计参考的资料很少，笔者希望此小册子能对大家有所帮
助。倘有疏漏和不妥之处，请批评指正。

第一章 漏电的危害及漏电保护器的功能

低压配电系统及用电设备的漏电，可能造成人身伤亡，可能酿成火灾，也可能损坏电气设备，迫使生产中断，所以一方面要采取各种有效措施，尽力减少或避免漏电故障的发生，另一方面，一旦出现了漏电可能引起种种危害时，需采用漏电保护器进行保护，避免上述严重事故的发生。

安装漏电保护器的主要目的是间接接触电保护，如果它的额定漏电动作电流等于或小于 30mA 时，也可以作为直接接触电保护。

但安装了漏电保护器也不一定就能达到保护的目。如漏电保护器产品本身质量不良，技术参数选择不当，安装质量不符合产品要求，漏电保护器接线错误，以及维修工作跟不上等等，都可能造成漏电保护器拒动或误动，达不到预期保护的目。

第一节 人身触电事故

人们在用电过程中遭到电击的形式是多种多样的，一般可分成直接接触电和间接接触电两种。

1. 直接接触电

人体直接和带电体接触，或者人体虽未接触带电体但过于靠近带电体进入带电体的空气放电距离因而受到电击。根据统计资料表明，低压配电系统直接触及带电体的有两相触电和单相触电两种形式，而单相触电又可细分为相-零触电及相-地触

电两类。

单相触电的“相-地触电”：这是最常见的低压配电系统人身触电事故，如图1-1所示。

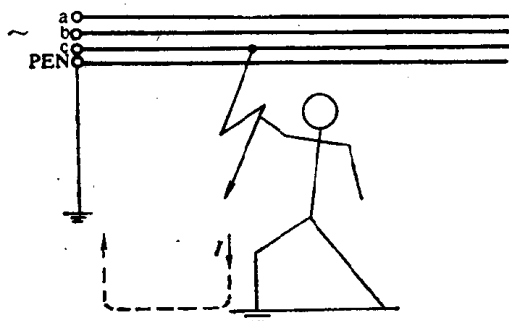


图 1-1 单相触电“相-地触电”图

单相触电的“相-零触电”：如图1-2所示。例如闸刀、插座损坏，非电专业人员进行带电检修，更换开关、灯泡，不慎触电。又如线路老化或导线断裂下挂而使人触电。

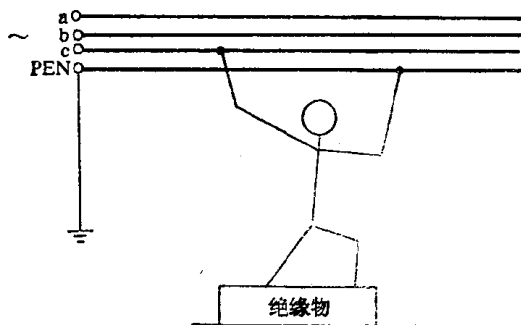


图 1-2 单相触电“相-零触电”图

根据资料介绍，上述两种单相触电约占触电事故的70%。

两相触电：这是人体同时碰触两根相线的触电事故。接触到380V电压，会造成死亡。不过一般发生这种触电事故的概率很小，多发生在专业电工人员检修、测试不小心时。如图1-3所示。

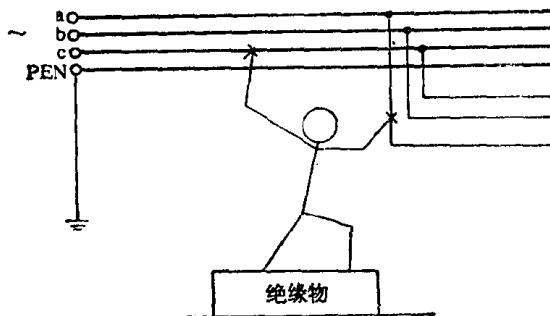


图 1-3 两相触电

2. 间接触电

各式各样用电设备的非带电金属部分，例如电动机、开关、电风扇、手持电动器具的金属外壳，在正常运行情况下，由于有绝缘物的隔绝，人碰触并不危险。但因种种原因，例如运行时间长久，绝缘老化，受潮，受损，绝缘物失去绝缘作用时，漏电使金属外壳呈现对地电压，一旦碰触时即发生触电事故。

另外，人体虽未直接碰触带电体或漏电的用电设备外壳，但人的双足同时踏在不同电位的地面时会引起触电，称为跨步电压触电事故。

人们由于跨步电压的作用而触电的情况是极少的。触电事故往往是在大地表面接触故障电流入地点附近发生，如高压

架空线导线断落在地上,如图1-4所示。跨步大的动物如牛、马,由于跨步电压大,较易发生触电事故。人的跨步距离按0.8m考虑,在图1-5中,A处跨步电压为 U_1 ,B处跨步电压为 U'_1 ,从图中可知 $U'_1 > U_1$ 。在距大电流入地点C约20m处,跨步电压为零。

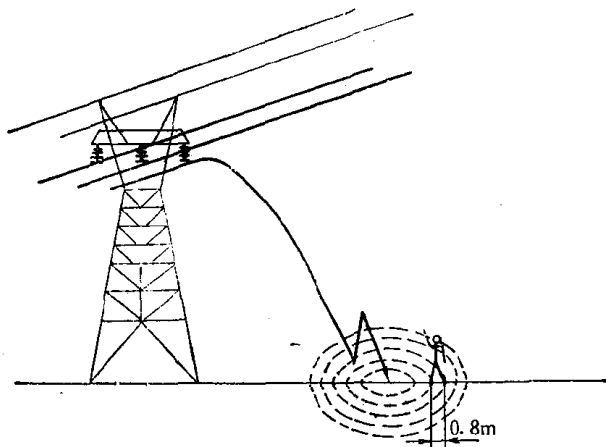


图 1-4 架空输电线断线形成跨步电压触电

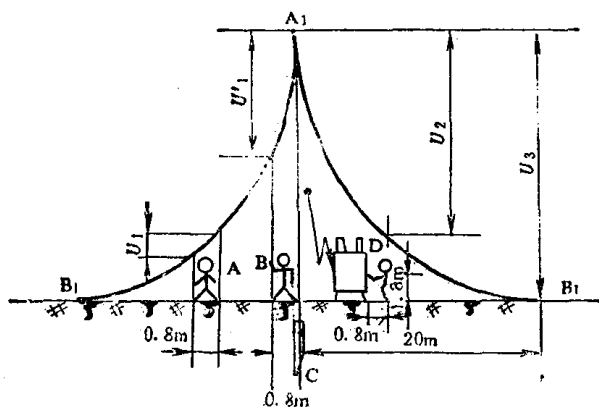


图 1-5 跨步电压与接触电压

在故障电流入地时,电流在地中流散,距故障电流入地点越远,传导电流的大地断面迅速增大,电流密度则迅速减小,电位迅速降到零,如图1-5中的大地表面电位分布曲线 A_1B_1 所示。

故障电流入地点的大地表面电位分布受土地表面土壤电阻率的影响,距故障电流入地点约20m处跨步电压为零。有的文献介绍距低压电网故障电流入地点超过5m处,10kV则超过8m处,跨步电压将为零。

如用电设备绝缘损坏,人站在距设备水平距离为0.8m的地面同时手碰触设备带电外壳(距地面1.8m),手与足两点之间呈现的电位差称为接触电压(考虑到人脚下的土壤电阻,接触电势应大于接触电压,同理跨步电势应大于跨步电压)。在图1-5中人D碰触用电设备时接触电压为 U_2 ,若在距C处约20m的 B_1 点碰触用电设备时,接触电压为 U_3 ,从图中可见 $U_3 > U_2$ 。由此可知,和跨步电压相反,距故障电流入地处C点愈近,接触电压愈小,如距C点20m以外,接触电压将是用电设备带电体的对地电压 U_0 。例如在低压220/380V系统中,若在C处碰触电气设备带电外壳,人体承受的接触电压为 $220 - 220 = 0V$ 。若在距C处20m处触碰用电设备带电外壳,所承受的接触电压为 $220 - 0 = 220V$,即等于带电设备的对地电压。在车间碰触带电设备外壳时,一般都距接地极较远(超过20米),将承受220V的对地电压,因此常用埋地接地网作防止或减轻接触电压触电措施。象这样的触电事故并不是直接碰触带电体所造成的,而是在电气设备正常运行时不带电而是故障时才带电的金属外壳被碰触时所造成的触电事故。

根据国际电工委员会IEC-TC64文献介绍,保护装置保护的电气设备发生故障后,保护装置必须在表1-1中规定的最大接触电压持续时间内自动切断电源。

表 1-1 IEC-TC64最大接触电压持续时间

最大切断时间, s	预期接触电压, V	
	交流电压(有效值)	直流电压
∞	<50	<120
5	50	120
1	75	140
0.5	90	160
0.2	110	175
0.1	150	200
0.05	220	250
0.03	280	310

人体触电并不都造成生命死亡, 它的危险程度和触电的地点环境、触电者当时的物理状态、生理状态及用电设备的电压、电流及电流通过人体的路径等因素有关, 如表 1-2所示。可见主干线、分支线、末端所有间接触电事故概率为56%; 直接触电事故概率为44%; 而末端触电事故概率为全部的48%。

表 1-2 低压电网不同部分人体触电事故概率

电网位置	主干线网路		分支线网路		末端设备网路	
触电方式	间接触电	直接触电	间接触电	直接触电	间接触电	直接触电
事故概率, %	16	9	15	12	25	23

1. 触电地点环境

我国幅员广阔, 气候差别大, 南方地区雨水较多, 气候潮湿; 民居住宅地面绝缘程度低, 有些地区习惯赤脚, 此处触电比北方干旱地区要严重得多。有时触电并未造成重大伤亡, 但要注意触电后从高处坠落伤亡的二次事故。

在生产过程中，产生大量导电灰尘，或在腐蚀性环境场所，电气设备绝缘性能下降，触电的危害程度要比正常环境的车间大得多。

一般来说触电事故农村多于城市，危害程度比城市严重。不正常环境的工厂、车间触电事故多于正常环境的工厂、车间，危害程度比正常环境的工厂、车间严重。

2. 触电者的物理、生理状态

人体阻抗因胖瘦体重不同而不同。肌肉发达导电面积增加，人体阻抗随体重增加而减小，而触电危险程度则随体重增加而加重。

女性对电流的敏感性比男性强，因此女性的感知电流及摆脱电流都比男性低，触电的危害程度比男性大。

老人皮肤干燥、粗糙，血管硬化，因此人体阻抗会随年龄增大而增大。小孩触电危险程度比成人或老人严重。

人们健康状态、心理状态、精神状态不同，对触电的概率及危害程度很有影响。嗜酒、疲劳、内分泌失常、心脏病患者等触电事故比正常人要多且严重。

电气工作人员因工作性质及环境关系，思想要集中，注意力要专一；对精神状态不好，心事重重者，暂不宜继续在岗位工作。对于严重的多汗症、严重的神经性皮炎、心脏病、高血压、精神反应迟钝等患者，也不宜继续在原岗位工作。

3. 触电与电压频率

在一定电压范围内，电压愈高，触电的危险性愈大；电压愈低，触电造成的危害也愈低。当电压低到一定程度，例如低到安全电压时，触电也不会造成人身伤亡事故了。这种设计成用安全电压供电的电气设备，国际电工委员会（IEC）称之为Ⅱ类设备（见表1-4），并规定小于25V的电气设备不需防电击。

安全措施。

各国规定的安全电压值不尽相同，国际电工委员会 IEC-TC64 中规定安全电压为 50V，我国 1983 年 7 月 27 日发布，1984 年 5 月 1 日实施的国标 GB3805—83 规定安全电压值如表 1-3 所示。

表 1-3 安全电压等级

安全电压(交流有效值)	等 级				
额定值, V	42	36	24	12	6
空载上限值, V	50	43	29	15	8

凡工作在潮湿或危险性较大的场所，应采用 24V 安全电压。凡在条件恶劣或操作者容易大面积接触带电体，如金属容器内、管道内、隧道内、矿井内手持式电动工具、照明灯以及人体长期触及带电设备的情况下，均不应超过 12V 的安全电压。当人体浸在水中时，考虑到溺水危险的二次事故，应采用 6V 安全电压。

人体的阻抗也是影响触电安全的因素。人体的阻抗(由人体内阻抗和皮肤阻抗组成)从 500Ω 到 $10^5\Omega$ 。人体内阻抗一般可按 500Ω 考虑。皮肤阻抗随着皮肤的表面状态而变化，而且欧姆值相差显著。例如长期从事体力劳动的人，手硬茧的阻抗值变化是 $10\sim 100k\Omega$ ，而细嫩皮肤的阻抗仅为 1000Ω 左右。又如皮肤遭受外伤或皮肤是湿润的，皮肤阻抗也大大降低。人体阻抗还会随体重的增加而减小。人体阻抗与接触电压大小也有关，当电压在 50V 以下时，皮肤阻抗变化较大。超过 150V 以后，则变化不显著。如电压为 220V，接触面大小对人体阻抗的影响不大。