

下册

建筑工程电气设计



北京市建筑设计研究院

洪元颐 李宏毅 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

建筑工程电气设计

下册

北京市建筑设计研究院
洪元颐 李宏毅 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

为满足当代科技发展和入世后与国际接轨的需要,编写了《建筑工程电气设计》,共分上下两册。上册以设计程序(工程调研、设计准备、方案设计、初步设计、施工图设计、图纸校审、配合施工、工程回访及程序实例)为主线,撰写典型建筑(医疗、居住、教学、观展、办公、旅游、商业、娱乐、体育)工程的强、弱电系统设计理论、方法和实例。本书为下册,它以设计新技术为主线,描述了10kV小电阻接地系统、高次谐波抗干扰、电热采暖、可编程序控制、加装漏电保护器、电涌保护器智能建筑以及太阳能光伏发电技术等几个系统的设计要领及设备选型。

本书可供从事建筑电气设计、施工、建设、开发等企业及部门的专业技术人员参考,亦可供大中专院校师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程电气设计.下册/洪元颐,李宏毅编著.北京:中国电力出版社,2002.12

ISBN 7-5083-1248-1

I.建… II.①洪…②李… III.房屋建筑设备:电气设备-建筑设计 IV.TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 080965 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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 4 月第一版 2003 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 44.25 印张 1097 千字 4 插图

印数 0001—4000 册 定价 68.00 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)

作者于 20 世纪 60 年代大学毕业,在建筑电气领域历经了近 40 年的工程设计实践,既有一些成绩,更有不尽如人意之处,总想把一些设计中的亲身经历和体验留给后来者,成功点滴,可予借鉴,寻个捷径;不足之处,作个警示,少走弯路;失败的成为教训,不再重犯。为了能较清楚地表达这层意思,《建筑工程电气设计 上册》是以设计程序作为主线,将一些有价值的内容适时地穿插于某个设计阶段里;《建筑工程电气设计 下册》以设计新技术为主线,将其新的提法、理念和实施细则予以展示。

《建筑工程电气设计 上册》是按照设计前期、中期和后期三部分展开的。设计前期包括工程调研、设计准备、方案设计和初步设计。工程调研,收集一些典型工程的信息资料,查阅已经归档的相关工程图纸,吸取先进的经验做法,有针对性地分析在建工程,从实际运行里寻找规律性的认识。设计准备,利用建筑专业做方案时的一段充裕时间,酌情弥补设计者不甚熟悉的内容。书中选取领会有关规范的具体含意及对电梯运行技术进行分析时,着重于对其高压柜交(直)流操作二次接线图保护动作过程的注释。其中先期策划,指本期施工图、设计深度、统一绘图方法、决定出图套数以及确定即将引用的成图大样和系统。方案设计,指在索引一份本院制订的“方案设计”文件后,接着以确定供电电源方案为出发点,叙述了这个阶段应予以考虑的方方面面。再就是三项获奖工程的方案讨论,通过对设计人的平面、系统挂图进行分析,并经主任工程师认证后将需要修改的内容一一列出。初步设计,首先摘录建设部关于初设深度的要点,进而援引已上报建设单位的工程设计说明书及其相互对应、有代表性的初设图纸,确已达到以往概念中的扩大初步设计的程度,为下阶段工作打下良好基础。

设计中期,即施工图设计,这是本书的重点。它所要表达的意向,有的源于个人的工程实践,有的源于他人的经验总结。但有一条是肯定的,那就是要展示不同类别、比较典型建筑(医疗、居住、教学、观展、办公、旅游、商业、娱乐、体育)工程的施工图(涵盖强弱电等),不仅符合规范、有创意,而且图面清晰,均以揭示其设计方法、澄清模糊概念为目的。有些做法可直接引用或参考。

设计后期,包括图纸校审、施工配合和工程回访。图纸校审,是从历年的审图记录里挑选出来,多达数百条款,以不足和修改方式列表警示于人;施工配合,是从工程交底、关注过程及竣工验收三个环节入手,逐步向住宅、购物中心、变电所工程的配合方式深入,直至过问二次装修和参与竣工验收的具体内容,以保证安装质量;工程回访,则是对已建工程进行照明质量、音响效果和节约能源的具体测试,然后听取建设单位、设计人员等方面的评价,力求综合出规律性认识,更新观念,将日后的工作步入正轨。最后以比较特殊的三个工

程为例，讲述把握程序、按设计步骤办事的可行性。

《建筑工程电气设计 下册》撰写内容难度较大，欲反映社会进步及与国际接轨而涌现出来的一系列建筑电气新理念和设计方法，这些鲜为人们关注的技术亟待解决，有利于人们全方位地认识、汲取和实施。具体可分为三大类别：

首先是供配电的 10kV 小电阻接地，双路电源切换及高次谐波抗干扰等系统；电气设备的可编程控制器，4 极断路器设置范围，住宅总进线的漏电保护以及设备的正确选型。

其次是智能建筑，从澄清基本概念和科学技术用语出发，简述建筑设备自动化（建筑设备监控、火灾自动报警、安全防范）、通信网络、办公自动化、综合布线系统及其集成的理论和应用实例。以使国内设计部门，不但在强电领域占有一席之地，弱电方面也与国外设计事务所具有同等竞争力。

其三是建筑内的局部新技术，包括电热采暖的电热膜、电锅炉、电热线的工作原理和应用；建筑照明里的室内照明方式，室外照明的突破性进展和光源灯具及其启动设备方面的新品种；建筑防雷章在扼要讲述有关理论后，侧重于对工程加装电涌保护器设计要领的深层次理解和纯熟应用，保障安全；面临国内娱乐场所的兴起，本书特别叙述其相关术语，剖析两座专业剧院的照明、舞台机械全新设计和改造的实景。同期展现国外丰富多彩的一系列娱乐设施供借鉴采纳。最后是讲述新涌现出来的，利用建筑物立面、屋顶的光电材料发电的技术。如利用太阳能发电供本楼使用，以及和市电并联的实施方式。

本书在编写过程中，得到北京市建筑设计研究院领导和同行们的关心和帮助。原能源部赵汝成高级（教授）工程师承担下册二、三章的部分撰写。并向协助完成本稿事务性工作的工程师、建筑师傅勇杰、尹庆兰、赵彤、王晋恒、赵亮、南桂荣等一并致谢。感谢每一位为本书提供资料、工程图纸的同事们，并向各届同仁及领导表示深切的敬意。

因时间和水平所限，本书有些内容还欠推敲，书中不足和错误在所难免，恳请读者批评指正。

洪元颐

李宏毅

2002.02.02

目 录

Mu lu

前言

第一章 建筑供电配电

第一节	10kV 配电网中性点小电阻接地系统	1
第二节	应急电源系统	31
第三节	娱乐建筑电源	47

第二章 建筑物智能化

第一节	概述	65
第二节	建筑设备自动化系统	74
第三节	通信网络系统	141
第四节	办公自动化系统	174
第五节	综合布线系统	181
第六节	计算机网络系统	206

第三章 建筑电热采暖

第一节	居住建筑电气负荷	226
第二节	电热膜供暖系统	250
第三节	电热线供暖系统	264
第四节	电锅炉供暖系统	275

第四章 建筑电气照明

第一节	设计提示	285
第二节	室内照明	311
第三节	室外照明	358
第四节	照明发展前景	396

第五章 建筑防雷接地

418

第一节	基本概念	418
第二节	防雷措施	422
第三节	实施细则	426
第四节	接地保护	438

第六章 建筑娱乐设施

452

第一节	专用术语及设施	452
第二节	新建娱乐场所	459
第三节	改建剧院设计剖析	467
第四节	娱乐方式借鉴	494

第七章 建筑电气设备

503

第一节	设备控制	503
第二节	供配电装置	529

附录 A	首规委办、供电局关于城镇住宅电气设计实施一户一表通知 (1999.7.15)	650
附录 B	市规委、市发委、市建委、市国管局关于印发《北京市住宅区及住宅建筑有线广播电视设施建设管理规定》的通知 (2000.7.13)	651
附录 C	首规委办、市规委关于《北京市区民用建筑近期市政能源规划指标》的通知 (1997)	658
附录 D	图纸校审	660
附录 E	《工程建设标准强制性条文》建筑电气部分摘录	680
附录 F	低温辐射电热膜供暖技术规程 (黑龙江省地方标准 DB23/T 696—2000)	693
参考文献		701

第一章

建筑供电配电

建筑工程电气设计

(下 册)

第一节 10kV 配电网中性点小电阻接地系统



一、交流电气装置的接地

(1) 向 B 类电气装置供电的配电变压器安装在该建筑物外时, 低压系统电源接地点的接地电阻应符合下列要求:

1) 配电变压器高压侧工作于不接地、经消弧线圈接地和高电阻接地系统, 当该变压器的保护接地装置的接地电阻不大于 4Ω 时, 低压系统电源接地点可与该变压器保护接地共用接地装置。

2) 当建筑物内未作总等电位连接, 且建筑物距低压系统电源接地点的距离大于 50m 时, 低压电缆和架空线路在引入建筑物处, 保护线 (PE) 或保护中性线 (PEN) 应重复接地, 接地电阻不大于 10Ω 。

3) 向低压用户供电的配电变压器的高压侧工作于低电阻接地系统时, 低压系统不得与电源配电变压器的保护接地共用接地装置, 低压系统电源接地点应在距该配电变压器适当的地点设置专用接地装置, 其接地电阻不大于 4Ω 。

(2) 向 B 类电气装置供电的配电变压器安装在该建筑物内时, 低压系统电源接地点的接地电阻应符合下列要求:

1) 配电变压器高压侧工作于不接地、经消弧线圈接地和经高电阻接地系统, 当该变压器保护接地装置的接地电阻符合本标准要求时, 低压系统电源接地点可与该变压器保护接地共用接地装置。

2) 配电变压器高压侧工作于低电阻接地系统, 当该变压器的保护接地装置的接地电阻符合要求, 且建筑物内采用 (含建筑物钢筋的) 总等电位连接时, 低压系统电源接地点可与该变压器保护接地共用接地装置。

(3) 低压系统由单独的低压电源供电时, 其电源接地点接地装置的接地电阻不大于 4Ω 。

(4) TT 系统中, 当系统接地点和电气装置外露导电部分已进行总等电位连接时, 电气装置外露导电部分不另设接地装置。否则, 电气装置外露导电部分应设保护接地装置, 其接地电阻应符合式 (1-1) 要求

$$R \leq 50/I_a \quad (1-1)$$

式中 R ——考虑到季节变化时接地装置的最大接地电阻, Ω ;

I_R ——保证保护电器切断故障回路的动作电流，A。

(5) IT系统的各电气装置外露导电部分保护接地的接地装置可共用同一接地装置，亦可个别地或成组地用单独的接地装置接地。每个接地装置的接地电阻应符合式(1-2)要求

$$R \leq 50/I_d \quad (1-2)$$

式中 R ——考虑到季节变化外露导电部分的接地装置最大接地电阻, Ω ;

I_d ——相线和外露导电部分间第一次短路故障的故障电流, A。

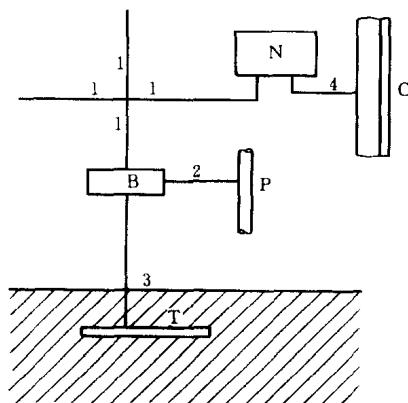


图 1-1 建筑物内总等电位连接

1—保护线；2—总等电位连接线；3—接地线；4—辅助等电位连接线；B—总等电位连接（接地）端子板；N—外露导电部分；C—装置外导电部分；P—金属水管干线；T—接地极

(6) B类电气装置采用接地故障保护时,建筑物内电气装置应采用总等电位连接。对下列导电部分应采用总等电位连接线互相可靠连接,并在进入建筑物外接向总等电位连接端子板,见图 1-1:

- 1) PE (PEN) 干线;
- 2) 电气装置的接地装置中的接地干线;
- 3) 建筑物内的水管、煤气管、采暖和空调管道等金属管道;
- 4) 便于连接的建筑物金属构件等导电部分。

(7) 接户线的绝缘子铁脚应接地，接地电阻不大于 30Ω 。土壤电阻率不大于 $200\Omega\cdot\text{m}$ 地区的铁横担钢筋混凝土杆线路，可不另设人工接地装置。当绝缘子铁脚与建筑物内电气装置的接地装置相连接时，可不另设接地装置。人员密集的公共场所的接户线，当钢筋混凝土杆的自然接地电阻大于 30Ω 时，绝缘子铁脚应接地，并应设专用的接地装置。

年平均雷暴日数不大于 30、低压线被建筑物等屏蔽的地区或接户线距低压线路接地点不大于 50m 的地方，绝缘子铁脚可不接地。

(8) 建筑物处的低压系统电源接地点、电气装置外露导电部分的保护接地(含与功能接地共用的保护接地)、总等电位连接的接地极等可与建筑物的雷电保护接地共用同一接地装置。接地装置的接地电阻,应符合其中最小值的要求。

二、实施细则

1. 中性点接地运行方式

电力系统中性点接地运行方式有不接地、经电阻接地、经电抗接地、经消弧线圈接地直接接地等几种。目前采用的中性点接地方式主要为不接地、经消弧线圈接地和直接接地。随着城市配电网中电缆线路的发展和线路保护的日益完善,在城市中压配电网逐渐推广采用小电阻接地方式。具体应用情况为:220、110kV 采用直接接地方式;35kV 采用不接地方式;20、10kV 采用经消弧线圈接地或经小电阻接地方式;220/380V 采用直接接地方式或不接地方式。

不同中性点接地方式对电气设备的影响见表 1-1，不同中性点接地方式的综合评价见表 1-2。

表 1-1 不同中性点接地方式对电气设备的影响

序号	比较项目		接 地 方 式			
			直接接地	经小电阻接地	经消弧线圈接地	不 接 地
1	单相接地电流		最大可能达到 $100\% I_d^{(3)}$ 或更大	一般控制在 $< 1000A$	最小二残流	为对地电容电流一 般 $< 1\% I_d^{(3)}$
2	内部过电压	一相接地时另两 相对地工频电压升 高	$< 80\%$ 线电压	$< 80\%$ 线电压	= 线电压	$\geq$ 线电压
		弧光接地过电压	最低, 可不考虑	低	可不考虑	可能很高, 实测有 3.5 倍工作相电压
		操作过电压	最 低	低	一般 ≥ 4 倍工作相 电压	最高, 可达 4 ~ 4.5 倍工作相电压
3	绝缘水平	变压器采用分级 绝缘的可能性	可以采用	可以采用	一般不能采用	不能采用
		高压电器绝缘 (如断路器、互感 器等)	较不接地方式可降 低 20%	可降低	全绝缘	全绝缘
4	阀型避雷器灭弧电 压		最好, 可采用 80% 线电压避雷器		$\geq 100\%$ 线电压	$\geq 100\%$ 线电压
5	断路器工作条件		按 $I_d^{(1)}$ 与 $I_d^{(3)}$ 中较 大者考虑遮断容量, 动作次数多	按 $I_d^{(1)}$ 与 $I_d^{(3)}$ 中较 大者考虑遮断容量, 动作次数多	按 $I_d^{(3)}$ 考虑遮断容 量, 不经常动作	按 $I_d^{(3)}$ 考虑遮断容 量, 不经常动作
6	单相接地后果及供 电可靠性		可能损坏设备, 要 求尽快切除故障, 供 电可靠性较差	不致损坏设备, 供 电可靠性较好	约有 60% ~ 80% 的 故障能自动消除, 不 要求立即跳闸, 供电 可靠性较高, 对设备 损害小	由电容电流产生弧 光, 可能损伤设备, 供电可靠性不如消弧 线圈接地系统

表 1-2 不同中性点接地方式综合评价

序 号	接地方式		经电阻接地	经消弧线圈接地	不 接 地
	比较项目				
1	接地电流		大	很小	取决于分布电容量
2	接地故障时设备损坏程度		有一定影响	很小	较大
3	供配电的连续性		较好	很好	较好
4	过电压		最低	高且概率低	最高
5	接地选型保护		较易	难	较易
6	单相接地发展为多相接地的可能性		较小	中等	最大
7	对通信系统的干扰		较大	最小	较大

电力网的中性点接地方式,是一个涉及面很广的问题。它对供电系统的供电可靠性、设备的绝缘水平、断路器等高压电器的选择,继电保护、通信干扰及系统稳定性等诸方面都会产生程度不同的影响。10kV 配电网的中性点接地方式有:

- 1) 不接地方式 (小电流接地);
- 2) 消弧线圈接地方式 (小电流接地);
- 3) 小电阻接地方式 (大电流接地)。

接地故障电容电流小于 10A 时,采用中性点不接地系统;大于 10A 时,采用设消弧线圈接地或小电阻接地。目前,北京部分地区已经由中性点不接地系统或消弧线圈接地系统逐步改为小电阻接地系统。本文的目的是探讨在 10kV 不同的接地系统中,特别是 10kV 中性点小电阻接地系统中,10/0.4kV 变电所的设计应当注意哪些问题。

2. 北京市 10kV 配电网中性点不接地或经消弧线圈接地问题

(1) 线路电容电流过大不能自熄,必须断电。随着北京市内用电缆代替架空线路,线路电容电流急剧上升,造成了单相接地故障发生时电容电流过大,使电网的供电可靠性下降,安全运行受到威胁。

电网的单相接地电容电流包括线路及电力设备两部分的电容电流组成。由于电力设备的电容电流远小于线路的电容电流,往往忽略不计。10kV 电缆线路的单相接地电容电流值为

$$I_c = K \cdot U_N \cdot L \quad (1-3)$$

式中 $K = 95 + 1.44S/2200 + 0.23S$;

U_N ——缆线额定电压, kV;

L ——电缆长度, km;

S ——电缆芯线截面, mm^2 。

10kV 电缆 I_c 约为 1~1.5A/km。而架空线的电容电流仅为电缆的 3%。所以电缆替代架空线形成电容电流的剧增,造成了单相接地故障的电弧电流过大。电缆的接地故障是非自复性故障,如果不切除故障点,只能使电缆损坏加大,事故扩大。所以在中性点不接地系统中,允许单相接地故障持续 2h 的办法就不能用了。

相比之下,小电阻接地的优势就表现出来了。在该系统中,单相接地的故障切断一般不超过 1s,对防止电缆故障的扩大是相当有利的。

(2) 消弧线圈抑制电容电流困难较大。为了抑制电容电流,往往采取了中性点安装消弧线圈的方法。其基本原理是利用单相接地产生的零序电压,使消弧线圈出现电感电流,与线路电容电流的相位相反,来抵消电容电流。电容电流是采用消弧线圈来补偿,使残余电流小于 10A,但实际上很难做到,其原因有:

1) 消弧线圈过补偿 (又称脱谐度) 应为 10%。例如电容电流为 150A,则 $150 \times 10\% = 15$ (A),大于 10A,不能熄灭。若脱谐度为 3%,则残余电流为 $150 \times 3\% = 4.5$ (A),这样电流能自动熄灭。但此时,中性点位移电压超过了安全电压的 15%。

2) 电缆长度在不断地变化,很难及时调整消弧线圈的参数以达到计算要求的配合度。

3) 线路电容中的谐波分量无法抑制。

4) 消弧线圈的容量越来越大,造成安装上的困难。

显然这种方式对电容电流也不能加以限制。

(3) 过电压击穿事故频发,危及供电安全。在 10kV 中性点不接地系统中,如果发生单

相接地故障,会产生弧光重燃过电压。将造成电气设备的绝缘损坏,或开关柜绝缘子闪络,电缆绝缘击穿。这种现象在北京 10kV 电网中频频发生。

3.10kV 配电网中性点小电阻接地可以有效解决不接地系统问题

电力系统过电压分为暂时过电压、操作过电压和雷电过电压三大类。而引起过电压的原因有单相接地故障、铁磁谐振、操作过电压等。其中,单相接地故障的几率最大。

为了说明问题最重要的就是进行定性分析,10kV 中性点不接地、消弧线圈接地、小电阻接地三种型式的正常工作及单相接地时的工作状态。

(1) 10kV 中性点不接地系统在正常状态下的电压参量如图 1-2 (a)、图 1-2 (b) 所示。当 L3 发生接地故障时的电压参量如图 1-2 (c)、图 1-2 (d) 所示。可得到如下结论:

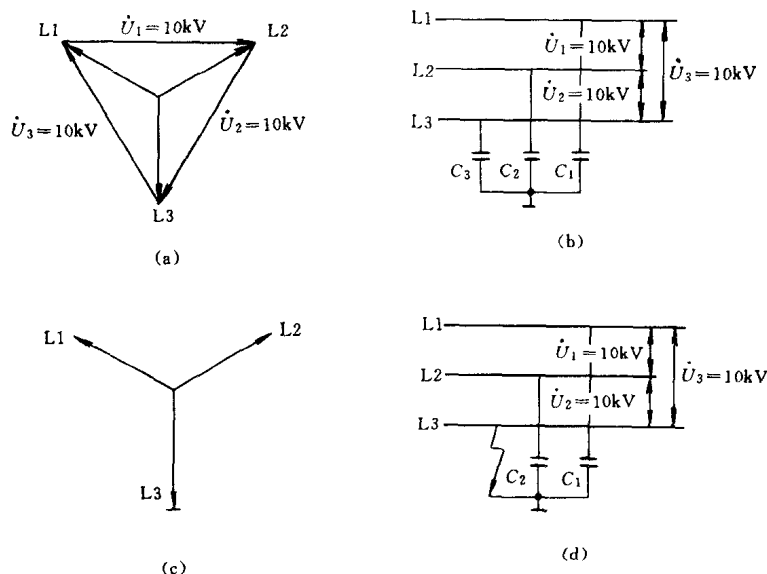


图 1-2 10kV 中性点不接地系统

(a) 正常状态下电压相量; (b) 正常状态下电压系统;
(c) 接地故障电压相量; (d) 接地故障电压系统

1) 正常工作状态,线间的电压值是 $U_m = \sqrt{2} \times 10\text{kV}$, 每相的对地电压在不考虑泄漏及对地电容电流认为基本平衡时,可认为对地为悬浮状态。

2) 假设某一相发生接地故障时,其他两相的对地电压值亦达到 U_m , 经测定,10kV 中性点不接地系统中,单相接地的过电压值可达到 $4.76 \sim 8.13 U_m$; 在切除单相接地故障时,产生的过电压数值甚高,亦超过 $4.1 U_m$ 。

(2) 用消弧线圈补偿的接地方式。图中 C_1 、 C_2 是 L1、L2 相的对地电容; L3 对地通过 R 发生接地故障。图 1-3 (a) 为示意图; 图 1-3 (b) 为等效电路图; 图 1-3 (c) 为相量图。消弧线圈的作用是假设其自身电抗相当大,通过它的电流滞后于加在线圈的电压相位差近于 90° 。这样 $\dot{I}_N$ 就与 $\dot{I}_{C1}$ 、 $\dot{I}_{C2}$ 的相量和相抵触。理想结果是: $\dot{I}_N + \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} = 0$ 。那么在 $\dot{I}_R$ 上将没有 C_1 、 C_2 电容电流通过, $\dot{I}_R$ 将会相当的小。

(3) 小电阻接地系统在正常状态下的电压参量如图 1-4 (a)、(b) 所示, 在 L3 发生接地故障时的电压参量如图 1-4 (c)、(d) 所示。可扼要地得到如下结论:

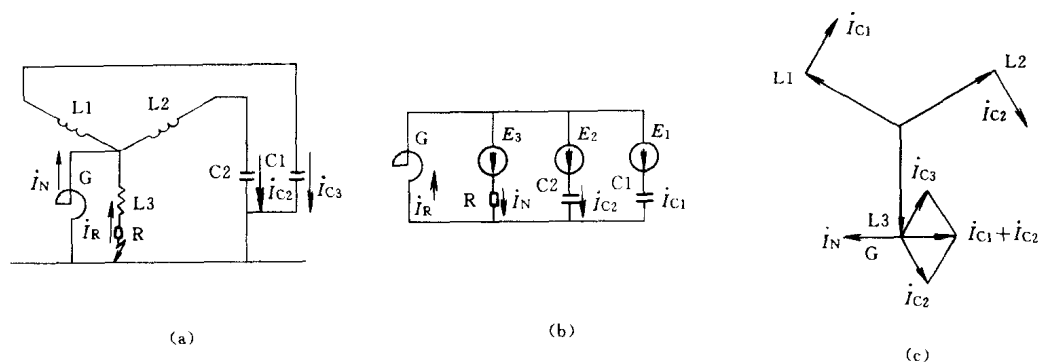


图 1-3 10kV 中性点消弧线圈接地系统

(a) 示意图; (b) 等效电路; (c) 相量图

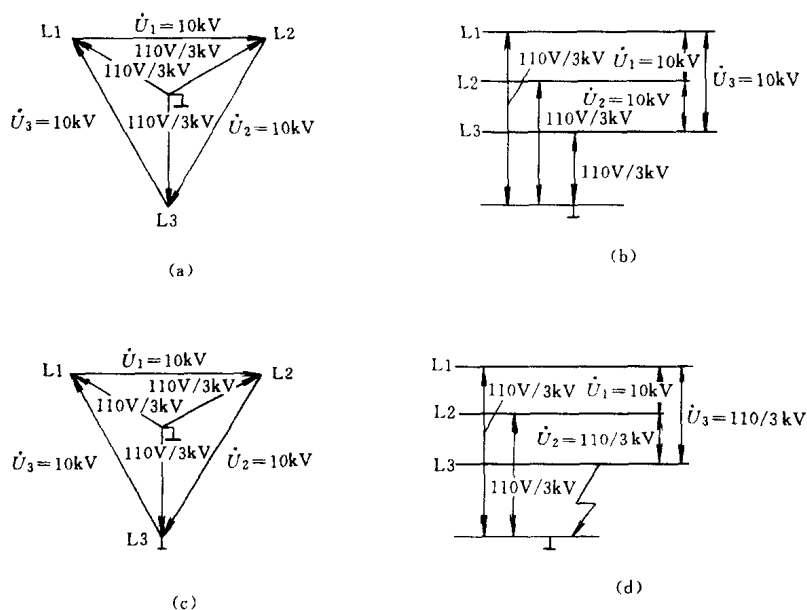


图 1-4 10kV 中性点小电阻接地系统

(a) 正常状态下电压相量; (b) 正常状态下电压系统; (c) 接地故障电压相量; (d) 接地故障电压系统

- 1) 在正常工作状态每线间的电压值是 U_m , 每相的对地电压为 U_m 。
- 2) 在单相接地时, 其他两相的对地电压与正常值相比不变, 均为 U_m 。

4.10kV 配电网中性点小电阻接地系统中变电所 (10/0.4kV) 设计

(1) 进行电力设备耐压水平的确定。电力设备的耐压水平完全是由某电力设备所处的环境条件及其可能承受的过电压决定的。过电压水平包括正常运行的电压和内部过电压, 二者都应考虑。

我国的电力行业标准 DL/T 402—1991《交流高压断路器订货技术条件》规定: 额定电压为 10kV 的设备 (现改称为 12kV, 见 DL/T 402—1992 中 4.2 条), 工频耐压 1min, 干式 42kV, 湿式 30kV, 1.2/50 μ s 雷电冲击耐压 75kV。而国际电工委员会 IEC 60694—1996 标准中规定: 额定电压为 12kV, 对地工频耐压为 28kV, 相间工频耐压为 42kV (IEC 的标准是按中性点为

小电阻接地系统的要求制定的)。如果按额定电压为 12kV 选择国外产品,在中性点不接地或用消弧线圈接地的 10kV 电网中,就会产生对地工频耐压不能满足 42kV 的要求。相反,如果在 10kV 中性点小电阻接地系统中,设备的对地工频耐压只需大于 28kV。但要特别注意设备的相间工频耐压仍然要达到 42kV。

(2) 小电阻接地系统 10/0.4kV 变电所设零序保护。由于该接地系统,中性点与地之间用很小的电阻相连。显然,任何一相的完全接地故障,就会产生很大的接地电流,这个电流甚至能达到数百数千安培。必须迅速可靠地切断这个电流,但应重视几个问题。

1) 确定零序保护方式。单相接地电流是一个三相不平衡的电流,用零序电流互感器可以很方便地得到。零序电流可以用两个方法取得。这两种型式的接线不同,效果也不尽相同。图 1-5 (a) 是通过三相每相电流互感器与零序继电器相连接,这种方式系统简单,只需在已有的电流互感器上增加一台零序继电器。图 1-5 (b) 是在电缆出线端上将三相电缆通过一个专用零序电流互感器来取得接地故障的零序电流。在使用图 1-5 (a) 时要考虑以下两个问题:

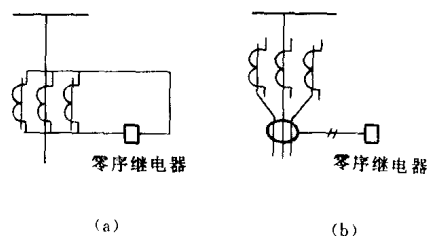


图 1-5 零序继电器接地方式

(a) 每相 AT 与零序继电器连接;

(b) 电缆专用 AT 与零序继电器连接

a. 系统处于正常工作状态时。直流整流设备、大容量气体放电灯、大容量调光设备、大型计算机站等用电设备工作时产生严重的零序电流。

b. 电力负荷投切过程中,产生相当强的非周期分量电流。设备正常工作时的零序电流,及各种非周期分量中含有的零序电流通过零序继电器,造成继电器误动作。这个现象在投切大容量变压器、用电设备(电动机等)都很可能发生。采用对图 1-5 (b) 的方法效果会更好,因为非单相(或两相)的接地故障不会出现较大的动作电流,也就是说上述用电设备正常运行时产生的零序电流是不会使零序继电器动作。

图 1-6、图 1-7 为 ABB 公司生产的 SPAJ140C 组合式过电流与接地故障继电保护功能及简化的接线原理图,其主要技术参数是:SPCJ4D29 接地故障元件低定值零序过流段 $I_0 > \text{定值}$

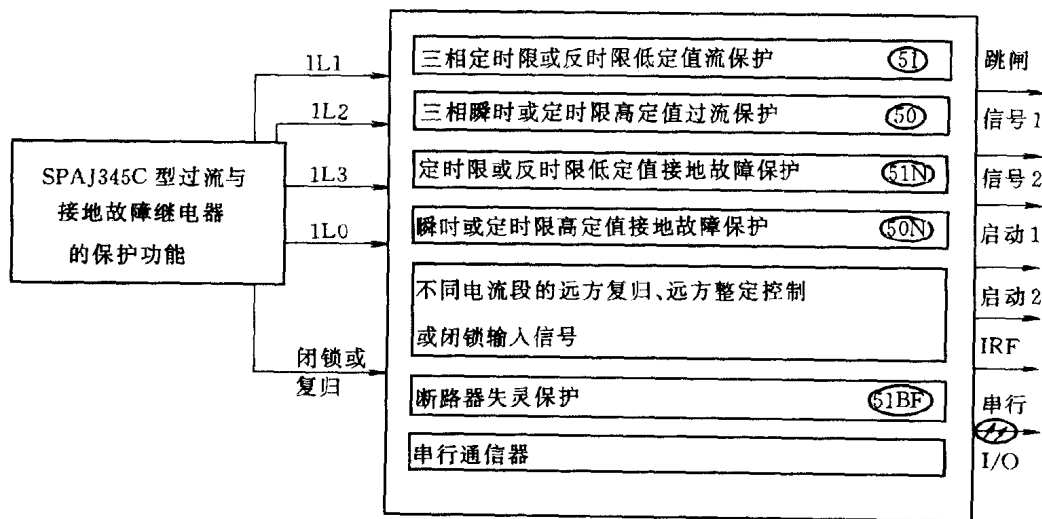


图 1-6 SPAJ345C 组合式过电流与接地故障继电器保护功能

范围 $(0.1 \sim 0.8) I_N$ 的可选择的动作方式:

- a) 定时限动作;
- b) 动作时间 $t_0 > 0.5 \sim 300s$;
- c) 反时限 (IDMT) 动作方式符合 IEC255-4 及 BS142 标准超反时限、强反时限、正常反

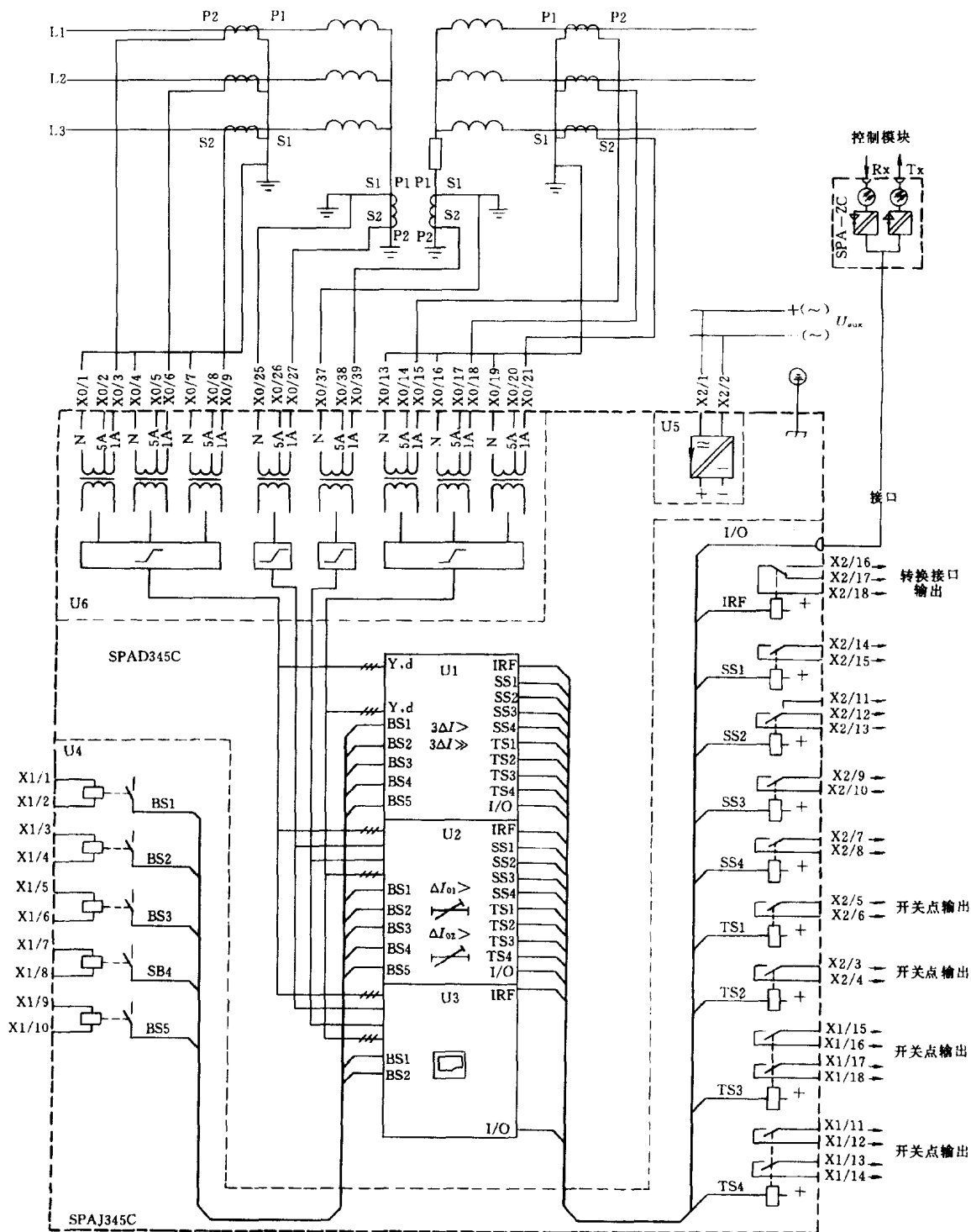


图 1-7 SPAJ345C 组合式过电流与接地故障继电器简化接线原理

时限、长反时限；

d) 特殊型式的反时限特性：RI 型反时限、RXIDG 型反时限；

e) 时间倍率 K 为 $0.5 \sim 1$ ；

f) 定值范围为 $0.1 \sim 10 \times I_N$ 及 ∞ ；

g) 动作时间 $t_0 > 0.5 \sim 300s$ 。

2) 10kV 电力网中设置接地保护系统实例。图 1-8 表示在 10kV 单母线分段系统中，110kV 变电所与 10kV 变电所之间采用双路供电。正常状态时，系统分列运行。101、102 号处于断开位置。假如发生单相接地的故障点分别为

a. 在 Q1 时，11 号断路器的零序保护动作，11 号开断，如果 102 号联络断路器合闸，必须保证 12 号断路器开断。

b. Q2 时，12 号断路器的零序保护动作，12 号开断，12 号、11 号断路器零序起动均延时动作，102 号断路器闭锁。

c. Q3 时，13 号断路器的零序保护动作，13 号开断，12 号、11 号断路器零序起动均延时动作，102 号断路器闭锁。

3) 接地系统分析。

a. 单相接地的故障电流引起的保护动作的逻辑关系与三、二相的短路电流引起的结果是基本一致的。

b. 为了不扩大事故的停电范围，各级间必须有一定的时间差，若用定时限延时，其差选取 $0.5s$ 为宜。

c. 单相接地短路电流计算阻抗主要由导线的单相电抗与接地电阻决定，但接地电阻是最关键的因素。为了确保系统动作的可靠性，北京地区推荐接地极的工频接地电阻为 0.5Ω 。

d. 零序保护的起动电流建议为 $20A$ ，这是单相裸导线在水泥地面的实测参数。零序电流互感器的变比为 $100/5$ 或 $50/5$ 。

e. 单相接地的故障应设在掉闸回路内，其信号接入事故信号回路。

5.10/0.4kV 变电所接地

在 DL/T 621—1997《交流电气装置的接地》行业标准中，将建筑电气装置分为 A、B 两类。10/0.4kV 变电所属于 A 类，而低压 0.4kV 系统属于 B 类。由于其篇幅有限，不作赘述。但对于 10kV 小电阻接地变电所的接地设计应注意以下几点：

(1) 10kV 侧发生单相接地故障时，在接地电阻两端（即 PE 线及大地）产生高电位差，甚至大于 $1000V$ ，该电压通过 PE 线引至用户家中。

(2) 解决电击方法。

1) 将 10kV 接地极与建筑物的低压接地极完全分设，但在建筑物旁或建筑物内的变电所不可能达到这种隔离度的要求；

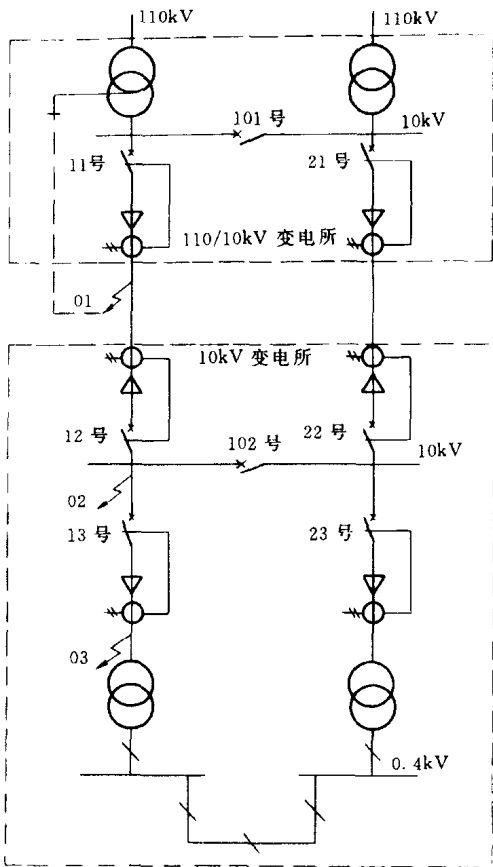


图 1-8 10kV 电力网接地保护系统

2) 变电所的接地电阻尽可能的小 (如 0.5Ω)；建筑物内作好总等电位连接；无论建筑物是采用 TT 或 TN 系统，其接地电阻要符合规定，连接牢固、可靠。

3) 10kV 单相接地动作时限不宜超过 IEC-TC64-413《故障情况下的电击保护》的要求，见图 1-9。

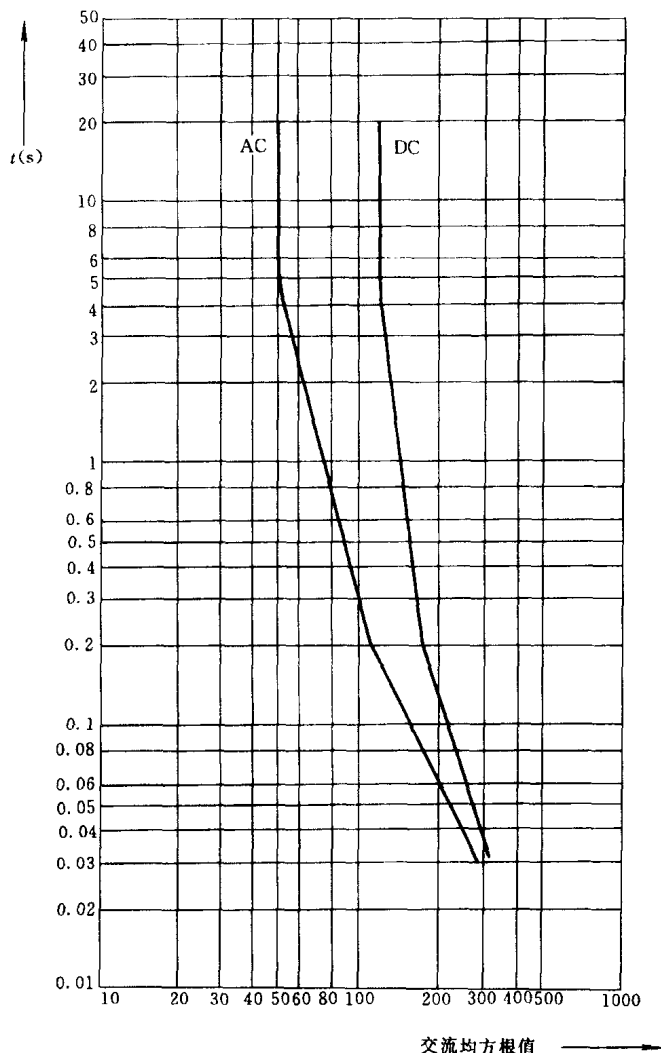


图 1-9 最大接触电压对应持续时间

注：AC 为交流，DC 为直流。

三、小区变电所设计实例

1. 设计说明

(1) 工程情况。该工程为地下两层，地下一层层高 4.82m，地下二层（电缆夹层）层高 3m，框架剪力墙结构。地下一层顶板预留吊装孔便于设备进出，电缆夹层的人员进出，需经过楼板上的人孔，沿铁爬梯至地下二层，低压柜出线电缆由电缆夹层沿桥架返上至地上一层，后经车库内的电缆桥架，引至各配电点。变压器共 $4 \times 1600\text{kVA}$ ，建筑面积为 737.68m^2 。