



普通高等教育“十二五”规划教材

地下建筑供电

王金全 主 编
方志刚 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

地下建筑供电

主 编 王金全
副主编 方志刚
编 写 郝建新
主 审 王厚余 太史功勋



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是在使用多年的教学讲义基础上修订完善的,主要阐述地下建筑供电的原理与方法。全书共分十二章,包括电力负荷及其计算,电气主接线,高低压开关设备,供电线路,变电站与柴油电站的设计,动力配电与控制,电气照明,防雷、接地与电气安全,火灾报警与自动灭火,智能建筑和电气设备防潮等,涵盖了目前地下建筑工程建设与维护管理电气专业的主要内容。每章后面均附有复习思考题或习题。

本书在内容上将技术原理、工程应用和实例相结合,兼顾教学的循序性和内容的系统性,同时考虑工程实用性和适当的先进性。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业相关专业课教材,也可作为从事地下建筑规划、设计、施工、监理与维护管理的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地下建筑供电/王金全主编. —北京:中国电力出版社, 2012. 12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-3826-5

I. ①地… II. ①王… III. ①地下建筑物—供电—高等学校—教材 IV. ①TU93

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第299977号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013年2月第一版 2013年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 22.5印张 550千字

定价 40.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

改革开放以来,随着国民经济持续高速发展,工程建设的规模和水平不断提高,地下空间的开发与利用越来越受到人们的重视,人们的防灾减灾意识也不断增强,应对多种灾害防护的地下工程建设也取得了可喜的成就,特别是防空地下室的建设总量和规模不断增大,建设水平和要求也不断提高。

由于电力几乎是现代地下建筑的唯一能源,使供电系统成为地下建筑不可或缺的重要组成部分。一个安全可靠、经济实用和先进高效的供电系统是满足地下建筑当前需求,发挥地下建筑防护效能,实现地下建筑功能扩展及可持续发展要求的重要基础和支撑条件。因此,地下建筑供电工程的规划设计、电气设备的施工安装、系统的维护管理都极其重要。

本书以我们长期使用的地下建筑供电课程教学讲义和资料为基础,依据现行国家标准和行业规范,并汲取了国内外先进的科研成果和相关文献资料,结合地下工程建设的实际需要和发展趋势,经补充修订和完善而成,其中包含了刘敬、太史功勋、李德钜、邢振中、郭子鹤、薛弼友等老师和前辈们的巨大心血。我们有幸师从他们学习,并在他们的指导和帮助下从事教学、科研和工程设计工作,深受教益。现整理出版,希望能慰藉先师,启迪后生,并与同辈同行交流。

本书以地下建筑供电设计为主线,分十二章进行叙述。第1章介绍供电系统的基本概念及地下建筑供电设计的基本内容与步骤;第2章介绍电力负荷及其统计计算方法;第3章介绍地下建筑常用电气主接线型式;第4章介绍高低压电气设备及其选择与校验方法;第5章介绍地下建筑配电线路选择与敷设方法;第6章介绍地下建筑变电站与柴油电站设计与布置方式,并予以举例说明;第7章介绍地下建筑常用动力设备配电方式与控制线路;第8章介绍电气照明基础知识与地下建筑照明及其配电设计原则;第9章介绍雷电及过电压防护、电气接地技术与安全用电基本知识;第10章介绍火灾报警与自动灭火系统及其设计方法;第11章介绍地下建筑智能化的特点与基本内容;第12章介绍地下空间潮湿情况下电气设备防潮的基本方法。作为本科生教材使用时,建议教学学时数为50~60学时,作为工程技术人员参考书使用时,可视具体情况有选择性地择章阅读,各章基本自成体系,后面均附有复习思考题或习题。

本书初稿经著名电气安全技术专家、国际电工委员会(IEC/TC 64)中国归口委员会及全国建筑物电气装置标准化技术委员会顾问王厚余先生审阅。王老对书稿提出了许多宝贵意见和修改建议,并提供了许多极有价值的研究成果和参考资料,大大丰富了本书内容。在此向王老表示衷心的感谢!

本书由王金全、方志刚、郝建新编写，最后太史功勋教授审阅了全书。徐晔、王春明、崔陈华等老师对本书编写提出了许多宝贵建议，研究生王巍、李建科、马涛、杨涛、吕强、宋鹏超、侯鹏飞等为本书校对也付出了辛勤的劳动，在此一并表示谢意。

由于编者水平有限，错误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年12月

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 供电系统的基本概念	1
1.2 对供电系统的要求	10
1.3 地下建筑供电设计的内容、方法和程序	14
复习思考题	19
习题	20
第2章 电力负荷及其计算	21
2.1 概述	21
2.2 需用系数法	26
2.3 功率因数与无功功率补偿	37
2.4 电源的选择	42
复习思考题	45
习题	45
第3章 电气主接线	47
3.1 概述	47
3.2 电气主接线的基本形式	50
3.3 变电站主接线	52
3.4 地下建筑电气主接线	55
复习思考题	62
习题	62
第4章 高低压开关设备	63
4.1 电弧的产生及熄灭	63
4.2 高压断路器	70
4.3 隔离开关、熔断器、负荷开关	80
4.4 高压开关电器的选择和校验	87
4.5 刀开关、万能转换开关	89
4.6 接触器和启动器	91
4.7 低压断路器	95
4.8 自动转换开关与组合开关电器	101
4.9 低压电器选择与检验	105
复习思考题	113

习题	113
第 5 章 供电线路	115
5.1 架空导线和避雷线	115
5.2 电缆线路	117
5.3 电力网络的经济指标	122
5.4 按允许发热条件选择导线截面积	126
5.5 按允许电压损失选择截面积	128
5.6 按机械强度要求选择导线截面积	133
5.7 中性线与保护线截面积	134
5.8 户内配线	135
复习思考题	140
习题	140
第 6 章 变电站与柴油电站的设计	141
6.1 高低压配电设备	141
6.2 成套配电设备的选用	151
6.3 变电站位置的选择	155
6.4 变电站的布置	156
6.5 柴油电站的布置	161
6.6 地下建筑供电系统设计举例	167
复习思考题	172
习题	172
第 7 章 动力配电与控制	179
7.1 动力配电系统	179
7.2 对一级负荷供电的保证措施	185
7.3 水泵的供电及自动控制	186
7.4 通风系统的供电与控制	186
7.5 地下建筑常用控制线路	190
复习思考题	194
第 8 章 电气照明	195
8.1 照明技术的基本概念	195
8.2 照明方式、种类和照明质量	199
8.3 电光源及其选用	204
8.4 照明器的选用与布置	209
8.5 照度计算	217
8.6 照明技术的应用	227
8.7 照明供电系统及其选择	236
复习思考题	242
习题	242

第 9 章 防雷、接地与电气安全	243
9.1 过电压与防雷	243
9.2 防雷装置	247
9.3 建筑物的防雷	253
9.4 10kV 变电站的防雷保护	256
9.5 接地的基本概念	259
9.6 保护接地	261
9.7 电磁屏蔽	278
9.8 电气安全	278
复习思考题	282
习题	282
第 10 章 火灾报警与自动灭火	283
10.1 防火分区与消防设计原则	283
10.2 火灾探测器	284
10.3 火灾探测器的选择	288
10.4 火灾探测器及手动报警器的设置与布局	290
10.5 火灾报警控制装置	294
10.6 自动灭火系统	295
10.7 火灾事故广播及消防专用通信系统	299
10.8 火灾应急照明	301
10.9 消防配电及线路敷设	302
10.10 消防值班室与消防控制室	303
10.11 系统设计	305
10.12 剩余电流火灾报警系统	305
复习思考题	311
第 11 章 智能建筑	312
11.1 概述	312
11.2 地下建筑智能化系统的特点和设计要求	317
11.3 地下建筑智能化系统的内容	320
复习思考题	328
第 12 章 电气设备防潮	329
12.1 潮湿的概念与危害	329
12.2 潮湿对电气设备的损伤机理	330
12.3 电气设备防潮的基本方法	332
12.4 防潮保护剂与氟硅防潮涂料	337
复习思考题	340
附录 A 0.6/1kV 三大二小交联聚乙烯绝缘、聚氯乙烯护套 YJV 电力电缆	341
附录 B LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯铝绞线的允许载流量	342

附录 C	BV 绝缘电线穿管敷设时的持续载流量	343
附录 D	各种材料导线的电阻值	344
附录 E	铝绞线架空线路的电抗值	345
附录 F	MNS 柜一次方案	346
参考文献		350

第1章 概述

电能是现代社会应用最基本、最广泛的能源形式,供电系统是现代化工程建设与维护管理的基本内容之一。地下建筑供电是保障地下建筑工程运转的基本条件,它为地下工程施工,地下建筑内部设备运行,以及内部人员的生存、生活和工作提供最基本的能源保障。与普通供电系统相比,地下建筑供电对系统可靠性、安全性和供电质量要求都更高。

为了更好地学习和掌握地下建筑供电的基本原理,下面首先介绍有关供电系统的基本概念。

1.1 供电系统的基本概念

1.1.1 供电系统的组成

地下建筑供电系统示意图如图1-1所示。从公用电网的角度看,地下建筑供电系统只是一个末端电力用户,无论是供电可靠性和供电质量都难以得到充分的保证。因此为保障安全可靠供电,地下建筑除了引接公用电网电源(市电)外,通常还设有内电源。目前,地下建筑内电源一般采用设在工程内部的柴油电站,以柴油发电机组为基本发电设备。柴油发电机组以柴油机为原动机,带动同步发电机旋转发电。工程内部设置的柴油电站一般作为工程自备电站使用,当市电停电时,启动发电,保障工程内部用电;市电恢复后,停机备用,通常不与外部电网并联运行或向外电网供电。为了降低运行成本,在有条件的情况下,地下建筑都应引接地方公用电网作为外电源。根据地下建筑附近的配电网实际情况,可引接外部高压电源或低压电源。地下建筑引接的高压电源一般为10kV电压等级,最高不超过35kV。为提高外电供电可靠性,变压器一般设在地下建筑内部,外部高压电源由高压架空线引至地下建筑附近的终端杆,再通过高压电缆埋地引入地下建筑内部的变压器室,经过开关保护设备接在变压器的高压端,经变压器变为400/230V低压电源送到低压配电屏,再分配至各负荷。如果工程附近没有高压电源可以引接,也可以直接引接低压外电源,但低压电源的容量和负荷矩应满足要求。引接的外部低压电源可不经变压器直接引至低压配电屏。

1.1.2 供电系统的标称值

供电系统中的所有电气设备,都是在一定的电压和频率下工作的,供电系统的电压和频率直接影响电气设备的运行。因此,电压和频率是衡量供电系统电能质量的两个最基本参数。我国规定一般交流电气设备的额定频率为50Hz(也称为工频),频率偏差一般不得超过0.5Hz,但频率的调整主要依靠发电设备。对一般供电系统来说,提高电能质量主要是提高电压质量。

1. 标称电压

电力系统的标称电压是电气网络、电气装置、电气回路名义上的电压。它根据国民经济

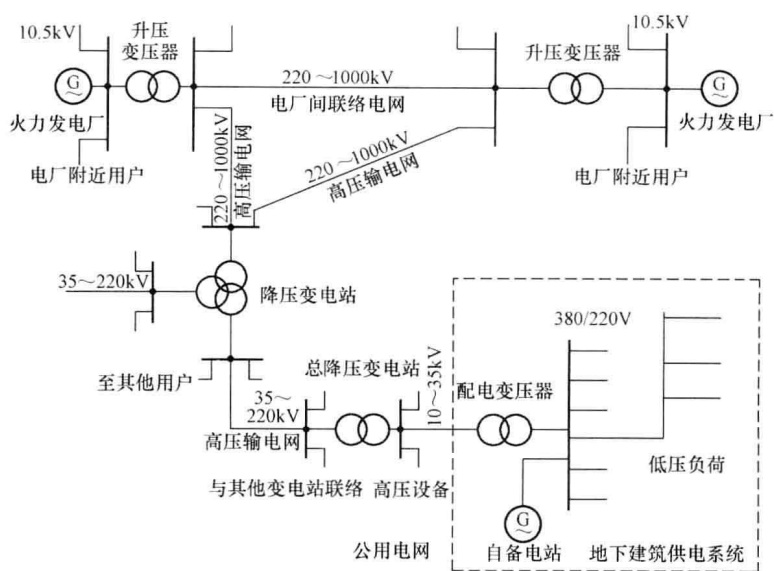


图 1-1 供电系统示意图

发展的需要、经济技术上的合理性、电气设备制造工业水平和发展趋势等一系列因素，经全面分析研究，综合衡量比较，由国家统一制定颁布。标称电压等级不宜过多，否则会影响电气设备生产的系列化、标准化和生产规模，增加线路损耗，使电力网络复杂化。

2. 额定电压

电气设备制造商用来说明设备性能而给设备标定的电压。我国现行的额定电压国家标准如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1 3kV 以下 额定电压等级 V

直 流		单相交流		三相交流		备 注
用电设备	供电设备	受电设备	供电设备	受电设备	供电设备	
3	3					
6	6	6	6			
12	12	12	12			
24	24	24	24			
36	36	36	36	36	36	
		42	42	42	42	
48	48					
60	60					
		100	100	100	100	
100	115					
		127	133	127	133	
220	230	220	230	380/220	400/230	

级线路标称电压的 5%。当变压器不直接与发电机相连，而是接在线路上，这时的变压器实际上已经可以看作是线路的用电设备，因此其一次绕组的额定电压也就是受电设备的额定电压，它与线路的标称电压相同，如图 1-3 中的 T2。

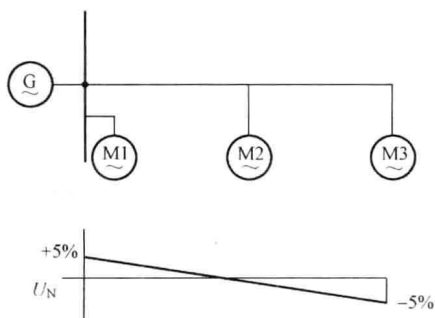


图 1-2 用电设备与发电机额定电压

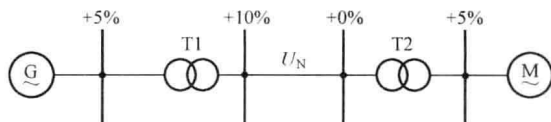


图 1-3 电力变压器的额定电压

变压器二次绕组的额定电压，也可分两种情况来说明。在讨论这一问题之前，首先必须明确的是：变压器二次绕组的额定电压的定义，是指变压器一次绕组加上额定电压而二次侧开路时的电压，即变压器的空载电压。当变压器满载运行时，其二次绕组内约有 5% 的电压降。而对受电设备而言，变压器二次绕组实际上相当于电源。因此，当变压器二次侧供电线路较长时，则变压器二次绕组的额定电压，一方面要考虑补偿其内部 5% 的阻抗电压降，另一方面还要考虑变压器满载时输出的二次电压要高于线路标称电压 5%，以补偿线路上的电压降落。因此，在这种情况下，变压器二次绕组的额定电压要比线路的标称电压高出 10%，如图 1-3 中的 T1。如果变压器二次侧供电线路不长（如为低压电力网或直接供给高低压用电设备的变压器），则其二次绕组的额定电压仅需考虑补偿变压器满载时其内部的电压降，这时变压器二次绕组的额定电压只需高于线路标称电压的 5%，如图 1-3 中的 T2。

(3) 由表 1-1 中还可以看出，当额定电压在 100V 以下时，其供电设备的额定电压与受电设备的额定电压相同。这主要是考虑到 100V 以下的受电设备容量小，供电线路短，一般在线路上的电压损失很小，可以忽略不计。

3. 额定电流

各种电气设备的额定电流，是指在一定的环境温度下，允许通过的最大长期工作电流值。电气设备在其额定电流下长期运行，可以保证其绝缘和载流部分的稳定温度不超过规定的允许值。

我国规定的各种电气设备采用的周围环境温度如下：

电力变压器和电器的周围温度：40℃；

发电机（利用空气冷却，进入机内的空气温度）：35~40℃；

放置于空气中的裸线、绝缘线、母线和电力电缆：25℃；

埋入地下的电力电缆（泥土温度）：15℃。

各种电气设备长期允许发热温度与设备的绝缘种类，计算使用年限和触头的允许温度有关，国家对此在有关技术规范中都有明确规定。

4. 额定容量

发电机、变压器和各种电气设备除规定有额定电压、额定电流外，有时还规定有额定容

量,其规定条件与额定电流相同。

额定电压、额定电流和额定容量之间有着固定的关系。如果额定电压用 U_N 表示,其单位为伏 (V); 额定电流用 I_N 表示,其单位为安 (A); 额定容量用 S_N 表示,单位为千伏安 (kVA); 额定有功功率用 P_N 表示,单位为千瓦 (kW)。则它们之间的关系如下:

对单相设备有

$$S_N = \frac{U_N I_N}{1000} \quad (1-1)$$

$$P_N = \frac{U_N I_N \cos \varphi_N}{1000} \quad (1-2)$$

式中 $\cos \varphi_N$ ——设备的额定功率因数。

对三相设备有

$$S_N = \frac{\sqrt{3} U_N I_N}{1000} \quad (1-3)$$

$$P_N = \frac{\sqrt{3} U_N I_N \cos \varphi_N}{1000} \quad (1-4)$$

一般发电机常以有功功率 (单位为 kW) 和额定功率因数标明其容量, 变压器则以其额定容量 (视在功率, 单位为 kVA) 来表示其容量, 而电动机的额定功率一般是指其轴上输出的有功功率 (kW), 因此, 对电动机来说其额定参数之间的关系为

$$P_N = \frac{\sqrt{3} U_N I_N \eta_N \cos \varphi_N}{1000} \quad (1-5)$$

式中 η_N ——电动机的额定效率。

1.1.3 供电系统中性点接地方式及低压配电型式

电力系统的中性点接地方式是一个综合性的技术问题, 它与系统的供电可靠性、人身安全、设备安全、绝缘水平、过电压保护、继电保护、通信干扰 (电磁环境) 及接地装置等问题有密切的关系。

中性点接地方式与电力系统中最常见的单相接地故障关系密切。研究中性点接地方式的目的, 主要在于正确认识和恰当处理频发的单相接地故障, 并将其不良后果降到最低限度, 这样才能提高电力系统的运行绩效, 使效益投资比更高, 运行维护费用更低。

电力系统的中性点接地方式可以划分为两大类: 一类是需要断路器遮断单相接地故障者, 属于大电流接地方式; 一类是单相接地电弧能够瞬间自行熄灭者, 属于小电流接地方式。

在大电流接地方式中, 主要有: 中性点直接接地方式、中性点经低电抗接地方式、中性点经中电阻接地方式、中性点经低电阻接地方式等。

在小电流接地方式中, 主要有: 中性点谐振 (经消弧线圈) 接地方式、中性点不接地方式、中性点经高电阻接地方式等。

供电系统中性点的不同接地方式, 对供电系统的运行, 特别是在发生单相接地时有明显的影响。供电系统中性点典型接地方式及特点如下。

1. 中性点不接地三相供电系统

由于任何两导体隔以绝缘介质时, 就会形成电容, 因此三相交流供电系统中的相与相之

间以及相与地之间都存在一定的电容,称为分布电容。为了讨论问题简化起见,假定三相系统的电压和线路参数都是对称的,而且把相与地之间的分布电容都用集中电容 C 来表示,如图 1-4 所示,相间电容略去不计。

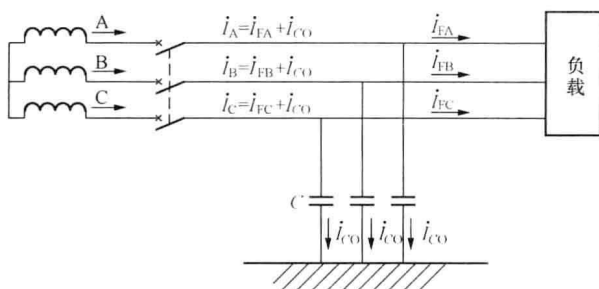


图 1-4 中性点不接地供电系统

当系统正常运行时,由于三相对地电容电流是对称的,其相量和为零,因此,大地中没有电容电流流过。当系统发生单相接地故障时,各相对地电容发生变化,对地电压也随之改变,此时大地中有电容电流流过。接地电流 I_{CO} 与电网的电压、频率和相对地的电容有关,而相对地电容又与线路的结构以及长度有关,计算比较复杂。在实际计算

中接地电流可以近似地按式 (1-6) 估算

$$\dot{I}_{CO} = \frac{\dot{U}(l_K + 35l_L)}{350} \quad (1-6)$$

式中 l_K ——具有电联系的、电压为 U 的架空线路长度, km;

l_L ——具有电联系的、电压为 U 的电缆线路长度, km。

在中性点不接地的供电系统中,发生单相接地故障时,另两非故障相的对地电压将升高 $\sqrt{3}$ 倍,为此需提高系统供电元件的对地绝缘水平,但对负载的正常运行没有影响。由于 35kV 及以下中、低压系统中各相对地的绝缘均是根据线间电压决定的,单相接地对线路和设备的绝缘并无危险,所以,这种系统发生单相接地时,系统仍可继续运行,但不允许长期运行,否则有可能引起未故障相绝缘薄弱环节损坏而接地,造成两相接地短路,流过大电流,损坏设备。为此,当系统发生单相接地时,允许继续工作至多不超过 2h,在这段时间内,运行维护人员应尽快查出故障点,消除故障。另外,在单相接地处,有可能出现持续电弧和间歇电弧。持续电弧极易引起相间短路,而间歇电弧,则会引起网络过电压,其值可达相电压的 2.5~3 倍,这时网络中的绝缘薄弱环节很容易发生电压击穿而造成短路。电压在 6~10kV 的电网中,间歇电弧引起的过电压,危害性较小,但其接地电流不能超过 30A,否则由单相接地产生的持续电弧较大且不易熄灭,容易造成相间短路。20kV 以上的网络,其间歇电弧引起的过电压危险较大。而当接地电流超过 10A 时,单相接地极易引起间歇电弧。因此,电压在 110kV 以下、接地电流 $I_{CO} \leq 10A$ 或电压在 6~10kV、接地电流 $I_{CO} \leq 30A$ 的供电系统中,一般采用中性点不接地运行方式。同时,为快速查找故障,都应装设绝缘监测报警装置,甚至故障选线、选相装置。

2. 中性点经消弧线圈接地的三相供电系统

当电压为 110kV 以下,中性点不接地供电系统单相接地电流大于 10A 时,为了防止单相接地时产生间歇电弧,应采用减小接地电流的措施。通常是在中性点与地之间接入消弧线圈,如图 1-5 所示。消弧线圈是一个具有铁芯的电感线圈,铁芯和线圈装在充有变压器油的外壳内,线圈的电阻很小,但电感很大,其电抗值由改变线圈的匝数和铁芯空气隙的大小来调节。

在正常运行时,中性点的电位接近零,因此没有电流通过消弧线圈。当发生完全性单相

接地时,消弧线圈将处于正常的相电压之下,并有电感电流 I_L 流过。而接地故障点处的电流应为接地电容电流 $\dot{I}_C$ 和消弧线圈电流 $\dot{I}_L$ 的相量和。由于 $\dot{I}_L$ 滞后电压 $\dot{U}_C$ 90° , 而 $\dot{I}_C$ 超前电压 $\dot{U}_C$ 90° , 因此 $\dot{I}_L$ 与 $\dot{I}_C$ 相位差为 180° 。这样,只要适当调整消弧线圈的电抗值,就可以使接地点处的电流变得很小甚至为零,从而消除产生间歇电弧的可能,避免间歇电弧所引起的危害。

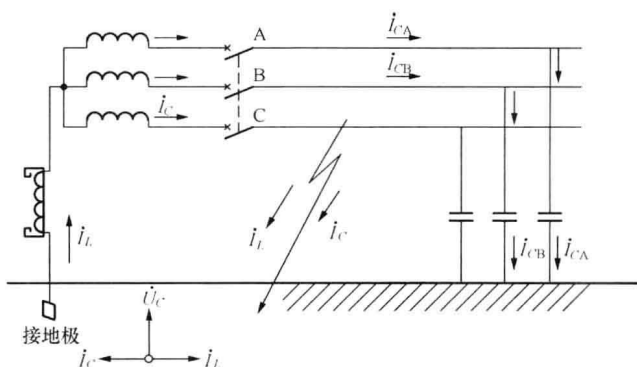


图 1-5 中性点经消弧线圈接地的三相供电系统

根据消弧线圈电感电流对接地电容电流的补偿程度,分为完全补偿 ($I_L = I_C$)、欠补偿 ($I_L < I_C$) 和过补偿 ($I_L > I_C$) 三种情况。完全补偿时,可使接地点处的电流为零,但由于 $X_L = X_C$ 是电流谐振的关系,正常运行时,一旦由于某种原因使中性点对地之间出现电压时,将会在谐振电路内产生很大的电流,使消弧线圈承受很大电压,结果使中性点对地电压升高,造成设备损坏,因此一般不采用完全补偿方式。欠补偿时,使接地点出现电容性电流 $I_L - I_C$,一旦电网中部分线路被切除,将使接地电流减少就有可能出现完全补偿状态,因此欠补偿一般也较少采用。过补偿时,不会出现上述情况,所以在经消弧线圈接地的三相供电系统中通常都采用过补偿。

中性点经消弧线圈接地的三相供电系统,在单相接地时,接地相对地电压为零,无故障相对地电压升高到 $\sqrt{3}$ 倍,这与中性点不接地系统是一样的,但由于消弧线圈可以使故障点处电流减小,易于迅速熄灭电弧。因此,中性点经消弧线圈接地系统和中性点不接地系统,统称为中性点不直接接地系统或小接地电流系统。

3. 中性点直接接地三相供电系统

中性点直接接地三相供电系统如图 1-6 所示。当发生单相接地时,故障相由接地点通过大地形成单相短路回路,其短路电流值很大,故又称为大接地电流系统。

由于中性点直接接地系统的单相短路电流值很大,为避免损坏系统中的电气设备,当发生单相短路时,必须立即断开故障线路,致使该线路上的所有用户供电中断。大量统计表明,高压架空线路的单相接地故障大多数为暂时性的,即当故障线路断开后,接地处的绝缘能迅速恢复。因此可以采用自动重合闸装置使线路重新合闸供电。如果故障是永久性的,则

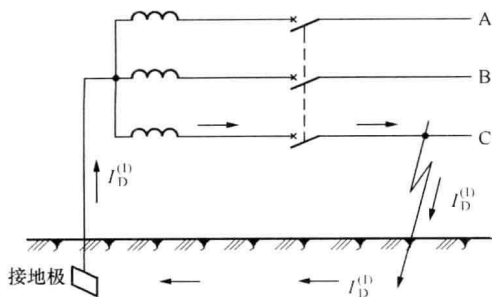


图 1-6 中性点直接接地三相供电系统

靠保护装置再次断开故障线路,中断供电。

中性点直接接地系统的主要特点是在单相接地时中性点电位不变,无故障相对地电压仍为相电压。因此这种系统的绝缘水平只取决于相电压,从而降低了造价。网络的电压越高,其经济效益就越显著。因此我国电压为 110kV 以上的供电系统多采用中性点直接接地运行方式,这主要是从安全角度考虑的。对 380/220V

低压系统,如采用中性点不接地系统,当发生单相接地,人员接触到无故障相时,所感受的电压即为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍。而如果人接触的电压超过 50V(地下潮湿为 36V 或更低)时,将有生命危险。而如果采用中性点直接接地,在同样条件下形成金属性单相短路,靠保护装置断开故障线路,中断供电,保障了人身的安全。

4. 低电阻接地方式

中性点接地电阻器的投资明显低于接地电抗器,而且它的阻尼衰减作用对零序回路十分有益,限流特性明显优于中性点直接接地和低电抗接地方式。同时,它可以使自由振荡电荷很快泄入大地,对降低电弧接地过电压比较有利,特别是利用最简单的零序过电流保护装置,便可有选择性地切除故障线路等。所以,在电力系统的发展初期,在电弧接地过电压理论尚未完善和小电流接地系统继电保护选择性未解决之前,一般认为低电阻接地方式有优点。正是由于这些原因,低电阻接地方式与谐振接地方式,在一些国家和地区都有了相当的发展。

随着时间的推移和科学技术的发展,现在许多情况发生了很大变化。目前,世界各地的中压电网发展很快,接地电容电流迅速增大,对人们生命财产的威胁日益严重,同时,大量远程通信系统和计算机信息系统等不断投入运行,负荷特性发生了改变,加之 IEC 绝缘配合标准的修订等,客观上要求改善电能供应质量、建立更新更高的标准,限制单相接地故障电流的危害性,已经成为各国中压电网发展的不可逆转的必然趋势。在当代电子信息技术的支持下,传统谐振接地方式可以更加优化,在中压电网的应用也越来越多。

相反,近年来低电阻接地方式的技术内涵基本没有改变,与谐振接地方式的差距越来越明显。因此,美国 IEEE 第 130 号标准中明确规定,将 15kV 以下中性点经低电阻接地的单相接地故障电流,限制到 400A 以下。日本推荐采用 200A 以下的中电阻接地方式;专门研究生产接地电阻器的美国 PGR 公司,现在已经明确向高电阻接地方式方向发展。不过,中、高电阻接地方式的应用范围又均受限制,特别是高电阻接地方式尤为明显。

此外,这里值得一提的是法国于 20 世纪 90 年代初,将城乡中压电网的中性点由低电阻接地方式改为谐振接地方式之后,英国在国家电监会的支持下,也已将北部地区的 50 余座变电站中中压电网的中性点,进行了相同的改造,显著提高了安全效果和供电连续性。实践表明,低电阻接地方式在中压电网的应用有一定的局限性。

5. 低压配电系统的接地型式

380/220V 低压配电系统广泛采用中性点直接接地的运行方式,而且引出有中性线(neutral conductor,代号 N)、保护线(protective conductor,代号 PE)或保护中性线(protective neutral conductor,代号 PEN)。

中性线(N 线)的功能,①用来连接额定电压为系统相电压的单相用电设备;②用来传导三相系统中的不平衡电流和单相电流;③减小负荷中性点的电压偏移。

保护线(PE 线)的功能是为保障人身安全、防止发生触电事故。系统中所有电气设备的外露可导电部分(指正常时不带电,但故障情况下可能带电的易被人身接触的导电部分,如金属外壳、金属构架等)通过 PE 线接地,可在设备发生接地故障时减少触电危险。

保护中性线(PEN 线)的功能兼有 N 线和 PE 线的功能。这种 PEN 线,我国过去习惯称为零线。

低压配电系统,按其保护接地型式分为 TN 系统、TT 系统和 IT 系统。