



高等职业教育土建类专业课程改革规划教材

建筑供配电 系统安装

刘昌明 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育土建类专业课程改革规划教材

建筑供配电系统安装

主 编 刘昌明
副主编 包宗贤
参 编 童 凌 丁文华
主 审 谢社初



机械工业出版社

本书主要介绍建筑供电系统的组成、原理、安装、调试及验收等方面的知识。全书共分6个单元，主要内容包括电力系统概述，负荷计算与短路电流，建筑供电系统设备及线缆的选择，建筑防雷、接地系统的安装、调试及验收与安全用电，建筑供电系统的组成，建筑供电系统的安装、调试及验收等，共24个课题，每个课题后都相应的配有能力训练。

本书可作为高等职业院校建筑电气工程、楼宇智能化工程、建筑设备工程等相关专业的教材，也可以作为相关工程技术人员的培训、参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑供电系统安装/刘昌明主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 6
高等职业教育土建类专业课程改革规划教材
ISBN 978-7-111-21776-3

I. 建… II. 刘… III. ①房屋建筑设备—供电—设备安装—高等学校: 技术学校—教材②房屋建筑设备—配电—系统—设备安装—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU852

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第095471号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:李俊玲 覃密道 责任编辑:覃密道 版式设计:霍永明
责任校对:樊钟英 封面设计:张静 责任印制:李妍
唐山丰电印务有限公司印刷

2007年9月第1版第1次印刷
184mm×260mm·16.25印张·398千字
0 001—3 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-21776-3
定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379540
封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部高等教育司为了深化高职高专教育教学改革，积极探索技能型紧缺专业人才培养模式，开展高职高专教育教学改革项目研究而编写的“高等职业教育土建类专业课程改革规划教材”之一。

本书的编写思路与以往的教材有较大不同，主要体现在以往的教材对供配电的原理与安装施工技术是分开讲述的，而该教材将供配电的原理与安装施工技术整合在一起，将供配电的基础、概念、原理、安装方法有机地结合在一起，形成了一个完整的整体。

本书的另一特点是服务于“技能型人才”的培养目标，不仅围绕技术应用能力这条主线来设计学生的知识、能力、素质结构，加强学生的基本实践能力与操作技能、专业技术应用能力与专业技能、综合实践能力与综合技能的培养，而且适当增加了教材中能力训练，从而引导学生积极思考和实践，让学生主动参与，勤于动手，使理论与实践更好地结合，培养学生分析问题和解决实际问题的能力。

本书由四川建筑职业技术学院刘昌明任主编，负责全书的构思、编写组织和统稿工作。本书单元4由湖北建设职业技术学院丁文华编写，单元5由四川建筑职业技术学院童凌编写，单元6由四川建筑职业技术学院包宗贤编写，其余部分由刘昌明编写。本书由湖南城建职业技术学院谢社初担任主审。

由于编者水平有限，书中的不妥与错误之处，恳请本书的读者和同行批评指正。

编 者

目 录

前言

单元 1 电力系统概述	1
课题 1 电力系统及其电压等级	1
[能力训练] 统计发电机、变压器、用电设备的额定电压	6
课题 2 电力负荷的分级	6
[能力训练] 确定一建筑物内各用电设备的负荷等级及供电方式	8
课题 3 中性点运行方式及低压配电系统的接地形式	8
[能力训练] 确定一建筑物供电电源的中性点运行方式及低压配电系统的接地形式	11
课题 4 电能的质量及其标准	11
[能力训练] 实测一建筑物供电电源的频率、电压和波形	14
要点回顾	14
复习思考题	15
单元 2 负荷计算与短路电流	16
课题 1 负荷计算	16
[能力训练] 某建筑供配电系统的负荷计算	34
课题 2 短路电流	34
[能力训练] 实测某建筑供配电系统的短路电流	38
课题 3 短路电流的力效应和热效应	38
[能力训练] 某建筑供配电系统短路力效应、发热假想时间及短路热效应的计算	44
要点回顾	44
复习思考题	45
单元 3 建筑供配电系统设备及线缆的选择	48
课题 1 开关电器及其选择	48
[能力训练 1] 高压开关的拆装	61
[能力训练 2] 低压开关的拆装	61
课题 2 熔断器及其选择	61
[能力训练] 熔断器的认识	66
课题 3 互感器及其选择	66

[能力训练 1] 电压互感器的认识与选择	72
[能力训练 2] 电流互感器的认识与选择	72
课题 4 电力线缆及其选择	73
[能力训练] 电力线缆的认识	82
课题 5 电力变压器和柴油发电机的选择	82
[能力训练 1] 参观电力变压器	85
[能力训练 2] 参观柴油发电机	85
要点回顾	86
复习思考题	87
单元 4 建筑防雷、接地系统的安装、调试及验收与安全用电	89
课题 1 建筑物防雷	89
[能力训练] 建筑物防直击雷装置的安装方法	102
课题 2 接地系统的安装、调试及验收	102
[能力训练] 接地系统的安装方法	115
课题 3 等电位联结的安装、调试及验收	115
[能力训练] 等电位联结的安装方法	118
课题 4 用电安全导则	119
[能力训练] 安全用电	123
要点回顾	123
复习思考题	124
单元 5 建筑供配电系统的组成	125
课题 1 建筑供配电网络结构	125
[能力训练] 总结几种供配电网络形式的特点	129
课题 2 建筑供配电系统实例	129
[能力训练] 建筑电气工程图的识读	149
要点回顾	149
复习思考题	149
单元 6 建筑供配电系统的安装、调试及验收	150
课题 1 变压器、箱式变电所的安装	150
[能力训练] 三相电力变压器的参数测定	162
课题 2 成套配电柜、控制柜(屏、台)和动力、照明配电箱(盘)的安装	162
[能力训练] 配电箱的制作安装	169
课题 3 低压电动机、电加热器及电动执行机构的安装	169
[能力训练] 鉴别电动机接线端子的头尾	172
课题 4 裸母线、封闭母线、插接式母线的安装	172
[能力训练] 裸母线的连接	181



课题5 电缆线路的安装	182
[能力训练] 电缆终端头的制作	202
课题6 配管配线工程的基本施工方法	202
[能力训练] 弯制钢线管及绝缘线管	225
要点回顾	225
复习思考题	228
附录	229
参考文献	246

单元 1 电力系统概述

【单元概述】

本单元主要讲授电力系统、供配电系统的基本概念及电力系统组网运行的原因；电力系统的额定电压；电力负荷的分级及不同等级负荷对电源的要求；供配电系统中性点运行方式，低压配电系统接地的形式；衡量电能质量的主要指标。

【学习目标】

通过本单元的学习、训练，学生应了解电力系统、供配电系统的基本概念，电力系统的额定电压的规定，衡量电能质量的主要指标；掌握电力负荷的分级及不同等级负荷对电源的要求，供配电系统中性点运行方式，低压配电系统接地的形式。

课题 1 电力系统及其电压等级

1.1.1 电力系统、供配电系统的基本概念

电力系统是由生产、转换、分配、输送和使用电能的发电厂、变电站、电力线路和用电设备联系在一起组成的统一整体。图 1-1 所示为电力系统的示意图。

1. 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的各种一次能源转化成二次能源（电能）的场所。按一次能源的性质可分成火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂等。

2. 变电站

变电站是进行电压变换以及电能接收和分配的场所。根据变电站的性质可分为升压和降压变电站。

(1) 升压变电站是将发电厂发出的电能进行升压处理，便于大功率和远距离传输。

(2) 降压变电站是对电力系统的高电压进行降压处理，以便电气设备的使用。在降压变电站中，根据变电站的用途可分为枢纽变电站、区域变电站和用户变电站。

1) 枢纽变电站起到对整个电力系统各部分的纽带联结作用，负责对整个系统中的电能进行传输和分配。

2) 区域变电站是将枢纽变电站送来的电能做一次降压后分配给电能用户。

3) 用户变电站接受区域变电站的电能，将其降压为满足用电设备电压要求的电能，且合理地分配给各用电设备。

只进行电能接收和分配，没有电压变换功能的场所称为配电所。

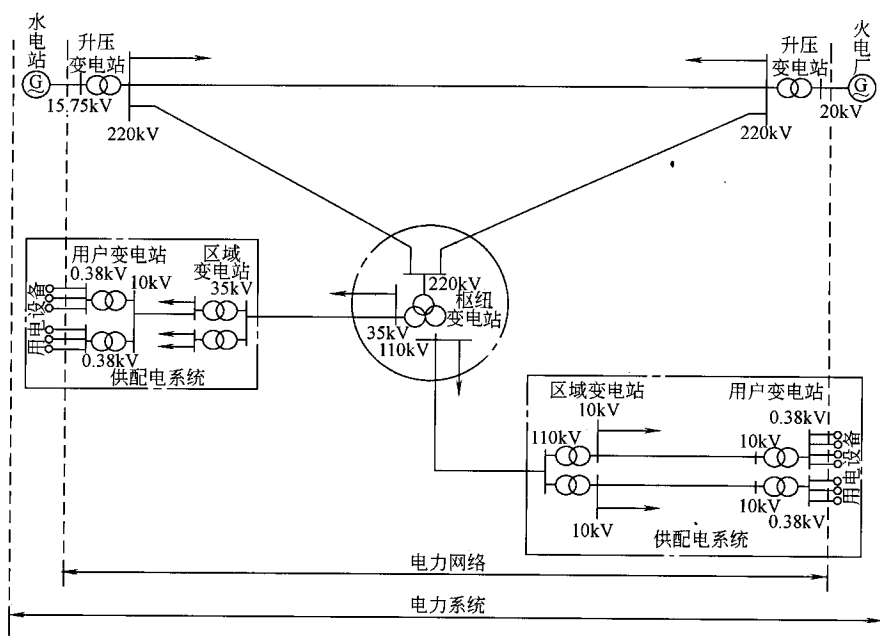


图 1-1 电力系统示意图

3. 电力线路

电力线路是进行电能输送的通道。它分为输电线路和配电线路两种。输电线路是将发电厂发出的经升压后的电能送到邻近负荷中心的枢纽变电站，或由枢纽变电站将电能送到区域变电站，其电压等级一般在 220kV 以上；配电线路则是将电能从区域变电站经降压后输送到电能用户的线路，其电压等级一般为 110kV 及以下。

4. 用电设备

用电设备是从电力系统中吸取电能，并将电能转化为机械能、热能、光能等的设备，如电动机、电炉、照明器等。

在电力系统中除去发电厂和用电设备以外的部分称为电力网络，简称电网，如图 1-1 所示。一个电网由很多变电站和电力线路组成。

供配电系统是电力系统的一个重要组成部分，包括电力系统中区域变电站和用户变电站，涉及电力系统电能发、输、配、用的后两个环节，其运行特点、要求与电力系统基本相同，只是由于供配电系统直接面向用电设备及其使用者，因此供、用电的安全性尤显重要。供配电系统示意图见图 1-1 中点划线框部分。

1.1.2 电力系统组网运行的原因

用电设备使用的电能最终来自发电厂，那么，为什么要构成电力网络，而不是由发电厂直接向电能用户提供电能呢？其原因如下：

(1) 降低成本、提高一次能源使用效率 主要表现在

1) 由于大容量机组的效率高于小容量机组，所以系统组网运行后，因不受区域负荷的限制，可以用增大发电机组容量的方式来提高效率。

2) 由于一次能源运输困难，甚至不能运输（如水力资源，其发电成本最低），就地设发

电厂，通过电网组网运行的方式，向需用电能的地方输送，可有效利用一次能源，降低发电成本。

3) 充分利用发电厂的季节优势（如利用水电厂丰水季节多发廉价电），合理调度发电厂的发电量，达到系统经济运行的目的。

(2) 保证电力供应的可靠性 组网运行后，整个系统崩溃的可能性很小，可使对可靠性要求高的重要设备的供电连续性得到保证。

(3) 保证电能质量 电能质量主要反映在电压质量、频率质量和电压波形的好坏上。组网运行后，系统的容量大，用电设备的负荷波动对系统中电气参数的影响减小，因而，系统向用电设备提供的电能质量也相对较好。

1.1.3 电力系统运行的特点

(1) 系统暂态过程的快速性 发电机、变压器、电力线路、电动机等元件的投入和退出，电力系统的短路等故障都在一瞬间完成，并伴随暂态过程的出现，该过程非常短促。这就要求系统有一套非常迅速和灵敏的监视、测量、控制和保护装置。

(2) 电能发、输、配、用的同时性 电能的生产、输送、分配和使用几乎是同时进行的，即发电厂任何时刻生产的电能必须等于该时刻用电设备使用的电能与分配、输送过程中损耗的电能之和。这就要求系统结构合理，便于运行调度。

1.1.4 电力系统的额定电压

额定电压是指能使电气设备长期运行的最经济的电压。

1. 电力系统额定电压的规定

在图 1-1 所示系统中，各部分电压等级是不同的。

三相交流系统中，三相视在功率 S 和线电压 U 、线电流 I 之间的关系为

$$S = \sqrt{3} UI$$

当输送功率一定时，电压越高，电流越小，线路、电气设备等的载流部分所需的截面积就越小，有色金属投资也就越小；同时，由于电流小，传输线路上的功率损耗和电压损失也较小。另一方面，电压越高，对绝缘的要求则越高，变压器、开关等设备以及线路的绝缘投资也就越大。综合考虑这些因素，对应一定的输送功率和输送距离都有一个最为经济、合理的输电电压。但从设备制造角度考虑，为保证产品生产的标准化和系列化，又不任任意确定线路电压，甚至规定的标准电压等级过多也不利于电力设备制造和运行业的发展。

国际电工委员会（IEC）提供了可选择采用的电压系列的推荐值，并提出任一国家和地区内，相邻两级电压之比，不应小于 2 倍的原则。

国际大电网会议（CIGRE）和国际供电会议（CIRED）的联合工作组则建议：220 ~ 500kV 以下的电压，其相邻两级电压之比应大于 3 倍；50 ~ 150kV 以下电压，其相邻两级电压之比应大于 5 倍。

我国国家标准《标准电压》（GB 156）规定的部分额定电压见表 1-1。

在我国，不同地区电网的额定电压系列不同，主要有：330kV/110kV/35kV/10kV；500kV/220kV/110kV/35kV/10kV；500kV/220kV/66kV/10kV。各电网电压标准的不同给全国联网造成一定的难度。

表 1-1 我国规定的电力系统额定电压及平均额定电压 (交流)

用电设备额定电压 (系统标称电压) /kV	交流发电机 额定电压/kV	变压器额定电压/kV		系统平均额定电压/kV
		一次绕组	二次绕组	
0.38/0.22	0.40	0.38/0.22	0.40/0.23	0.40/0.23
0.66/0.38	0.69	0.66/0.38	0.69/0.40	0.69/0.40
3	3.15	3 (3.15)	3.15 (3.3)	3.15
6	6.3	6 (6.3)	6.3 (6.6)	6.3
10	10.5	10 10.5	10.5 11	10.5
—	13.8 (15.75) (18)	13.8 (15.75) (18)	—	—
20	20	20 (21)	21 (22)	21
35	—	35	38.5	37
66	—	66	69	69
110	—	110	121	115
220	—	220	242	231
330	—	330	363	347
500	—	500	550	525

注：括号中的数值为另外可选的电压。

由表 1-1 可知，用电设备（系统）、发电机、变压器的额定（标称）电压是不一致的。下面分别予以分析。

(1) 用电设备额定电压 U_r (系统标称电压 U_N) 经线路向用电设备输送电能时，用电设备大都为感性负荷，因此，沿线路的电压分布往往是首端高于末端。沿线电压分布如图 1-2 所示，系统标称电压 U_N 与用电设备的额定电压取值一致，使线路沿线的实际电压与用电设备要求的额定电压之间的偏差大致不大。

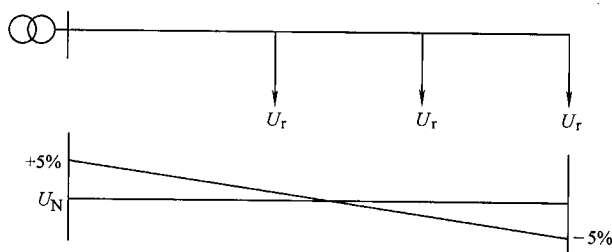


图 1-2 线路电压分布示意图

(2) 发电机额定电压 U_{rG} 考虑发电机出口到用电设备沿线 5% 的线路损耗，因此，发电机的额定电压为系统标称电压的 1.05 倍。

(3) 变压器额定电压 U_{rT} 变压器一次侧接电源，相当于用电设备，二次侧向负荷供电，又相当于电源。因此，变压器一次侧额定电压 U_{rT1} 应等于用电设备额定电压 U_r (直接

和发电机相联的变压器一次侧额定电压应等于发电机额定电压 U_{rG} 。由于变压器二次侧额定电压 U_{rT2} 规定为空载时的电压，额定负载下变压器内部的电压降落约为 5%，当供电线路较长时，为使正常运行时变压器二次侧电压较系统标称电压高 5%，以便补偿线路电压损失，变压器二次侧额定电压应较用电设备额定电压高 10%；只有当变压器二次侧与用电设备间电气距离很近时，其二次侧额定电压才取为用电设备额定电压的 1.05 倍。

图 1-3 所示为用电设备、发电机、变压器的额定电压取值示例。

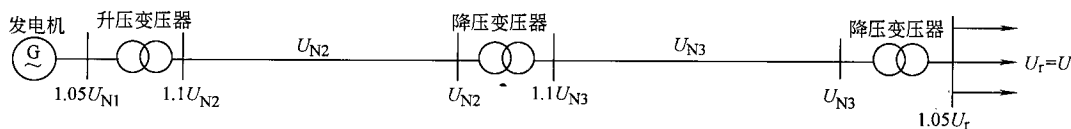


图 1-3 用电设备、发电机、变压器的额定电压取值

(4) 系统平均额定电压 U_{av} 由于整个系统电压等级有多个，在进行某些系统运行参数计算的时候，涉及到电压等级归算的问题。而一条线路上的首末端电压是不相同的，这就导致归算时的计算麻烦。为简化计算，对每一个电压等级的系统标称电压都规定一个平均额定电压，并认为线路上任何一点的电压都是系统平均额定电压，这样造成的误差是可以接受的。对于一段电力线路，线路末端的电压与用电设备的额定电压相同；考虑变压器和线路损耗，线路首端供电设备的额定电压应为 $1.1U_N$ ，因此，线路的平均额定电压 U_{av} 规定为线路首末端供、用电设备的额定电压平均值，即

$$U_{av} = 1.05 U_N$$

2. 各种电压等级的适用范围

(1) 输送功率和输送距离 前已述及，对应一定的输送功率和输送距离有一相对合理的线路电压。表 1-2 中列出了根据运行数据和经验确定的、与各额定电压等级相适应的输送功率和输送距离。

表 1-2 与各额定电压等级相适应的输送功率和输送距离

额定电压/kV	架 空 线		电 缆	
	输送功率/kW	输送距离/km	输送功率/kW	输送距离/km
0.22	< 50	0.15	< 100	0.2
0.38	100	0.25	175	0.35
0.66	170	0.4	300	0.6
3	100 ~ 1000	3 ~ 1	—	—
6	2000	10 ~ 3	3000	< 8
10	3000	15 ~ 5	5000	< 10
35	2000 ~ 8000	50 ~ 20	—	—
66	3500 ~ 20000	100 ~ 25	—	—
110	10000 ~ 30000	150 ~ 50	—	—
220	100000 ~ 500000	300 ~ 200	—	—
330	200000 ~ 800000	600 ~ 200	—	—
500	1000000 ~ 1500000	850 ~ 150	—	—

(2) 输电电压 220~750kV 电压一般为输电电压,完成电能的远距离传输功能。该电网称为高压输电网。

(3) 配电电压 110kV 及其以下电压一般为配电电压,完成对电能进行降压处理并按一定方式分配至电能用户的功能。其中 10~110kV 配电网为高压配电网,1kV 以下配电网称为低压配电网。

3kV、6kV 是工业企业高压电气设备的供电电压。

[能力训练] 统计发电机、变压器、用电设备的额定电压

- (1) 目的 熟悉电力系统额定电压的等级及电力系统各元件额定电压的关系。
- (2) 能力及标准要求 掌握电力系统额定电压的等级规律及电压关系。
- (3) 准备 发电机、变压器、用电设备等电力系统元件。
- (4) 步骤 先统计发电机、变压器、用电设备的额定电压,再总结它们的关系。
- (5) 注意事项 防止损坏元件。
- (6) 讨论 电力系统额定电压的等级规定有哪些?

课题 2 电力负荷的分级

这里“负荷”的概念是指用电设备,“负荷的大小”是指用电设备功率的大小。不同的负荷,重要程度是不同的。重要的负荷对供电可靠性的要求高,反之则低。因此根据对供电可靠性的要求及中断供电在政治、经济上造成的损失或影响的程度进行分级,并针对不同负荷等级确定其对供电电源的要求。

1.2.1 负荷分级

(1) 一级负荷 符合下列条件之一的,为一级负荷。

1) 中断供电将造成人身伤亡的负荷。如医院急诊室、监护病房、手术室等的负荷。

2) 中断供电将在政治、经济上造成重大损失的负荷。如由于停电,使重大设备损坏、重大产品报废、用重要原料生产的产品大量报废、国民经济中重点企业的连续生产过程被打乱需要长时间才能恢复等的负荷。

3) 中断供电将影响有重大政治、经济意义的用电单位正常工作的负荷,如重要交通枢纽、重要通信枢纽、重要宾馆、大型体育场馆、经常用于国际活动的大量人员集中的公共场所等用电单位中的重要负荷。

在一级负荷中,当中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。如在工业生产中正常电源中断时处理安全停产所必需的应急照明、通信系统、保证安全停产的自动装置等;民用建筑中大型金融中心的关键电子计算机系统和防盗报警系统、大型国际比赛场馆的记分系统及监控系统等。

(2) 二级负荷 符合下列条件之一的,为二级负荷。

1) 中断供电将在政治、经济上造成较大损失的负荷。如由于停电,使主要设备损坏、大量产品报废、连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复、重点企业大量减产等的负荷。

2) 中断供电将影响重要用电单位正常工作的负荷。如交通枢纽、通信枢纽等用电单位

中的重要负荷，以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等较多人员集中的重要公共场所秩序混乱的负荷。

(3) 三级负荷 不属于一、二级负荷者为三级负荷。

在一个工业企业或民用建筑中，并不一定所有用电设备都属于同一等级的负荷，因此在进行系统设计时应根据其负荷级别分别考虑。

1.2.2 不同等级负荷对电源的要求

(1) 一级负荷对电源的要求 一级负荷中有普通一级负荷和一级负荷中特别重要的一级负荷之分。

1) 普通一级负荷应由两个电源供电，且当其中一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损坏。

在我国目前的经济、技术条件和供电情况下，符合下列条件之一的，即认为满足一级负荷电源的要求：

① 电源来自两个不同的发电厂，如图 1-4a 所示。

② 电源来自两个不同的区域变电站，且区域变电站的进线电压不低于 35kV，如图 1-4b 所示。

③ 电源来自一个区域变电站、一个自备发电设备，如图 1-4c 所示。

2) 一级负荷中特别重要的负荷，除由满足上述条件的两个电源供电外，尚应增设应急电源专门对此类负荷供电。应急电源不能与电网电源并列运行，并严禁将其他负荷接入该应急供电系统。

这主要是因为地区大电网主网都是并网的，无论从电网取几回电源进线，都无法得到严格意义上的互无关联的两个电源，电力部门不可能完全保证供电不中断，即存在两个电源中断的可能性，所以，对于特别重要的负荷应该增加在电气上与电力系统完全独立的应急电源。

应急电源可以是独立于正常电源的发电机组、供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路、蓄电池、干电池等。其中“供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路”是指能够保证两条供电线路不同时中断供电的线路。

(2) 二级负荷对电源的要求 宜由两条回电线路供电，当电源来自于同一区域变电站的不同变压器时，即可认为满足要求。

在负荷较小或地区供电条件困难时，可由一回 6kV 及以上专用的架空线路或电缆线路供电。当采用架空线时，可为一回架空线供电；当采用电缆线路时，应采用两根电缆组成的线路供电，且每根电缆应能承受 100% 的二级负荷。这主要是考虑架空线路的常见故障检修

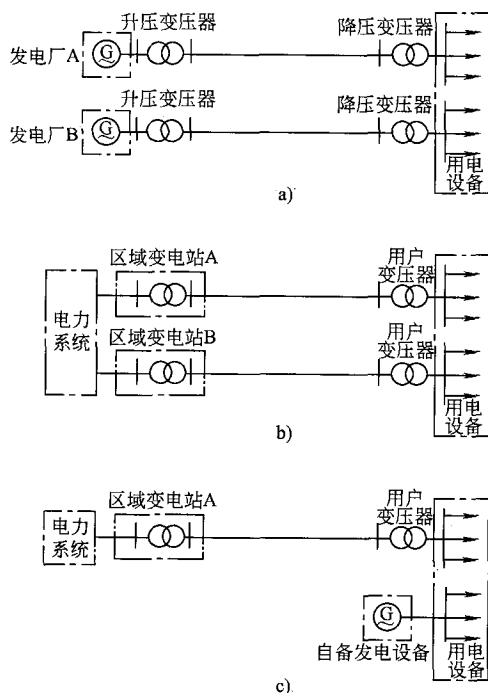


图 1-4 满足一级负荷要求的电源

a) 电源来自两个不同发电厂

b) 电源来自两个区域变电站

c) 电源来自一个区域变电站，一个自备发电设备

周期较短,而并非电缆的故障率高,相反,电缆的故障率较架空线低。

(3) 三级负荷对电源的要求 三级负荷对电源无特殊要求,一般单电源供电即可。

[能力训练] 确定一建筑物内各用电设备的负荷等级及供电方式

- (1) 目的 掌握我国负荷分级的原则及各级电力负荷对供电电源的要求。
- (2) 能力及标准要求 熟悉建筑物内各用电设备的负荷等级及供电方式。
- (3) 准备 建筑物内的常用用电设备。
- (4) 步骤 先确定用电设备的负荷等级,再确定其供电方式。
- (5) 注意事项 负荷等级是按用电设备来划分的,而不是按建筑物来划分的。
- (6) 讨论 根据建筑物内各用电设备的负荷等级确定整个建筑物的供电方式。

课题3 中性点运行方式及低压配电系统的接地形式

1.3.1 供配电系统中性点运行方式

供配电系统的中性点是指星形联结的变压器或发电机绕组的中间点。严格地说,中性点是一个电气上的“点”,从该点到各输出端之间的电压绝对值相等。我国的供配电系统中,正常时这一电气上的中性点正好位于星接绕组的中间点。所谓系统的中性点运行方式,是指系统中性点与大地的电气联系方式,或简称系统中性点的接地方式。

接地是以“广阔的大地”为参考零电位来建立电气关系的一种方法。系统中性点接地问题是一个十分复杂的问题,它关系到供电可靠性、绝缘水平、电压等级、保护方式、通信干扰、安全用电等诸多方面。就供配电系统的现状来看,主要有两类形式,即中性点接地系统和中性点不接地系统。

1. 中性点接地系统

中性点接地系统就是中性点直接接地或经小电阻接地的系统,也称大接地电流系统。这种系统中一相接地时,出现了除中性点接地点以外的另一个接地点,构成了短路回路,接地故障相电流很大。为了防止设备损坏,必须迅速切断电源,因而供电可靠性低,易发生停电事故。但这种系统上发生单相接地故障时,由于系统中性点的钳位作用,使非故障相的对地电压不会有明显的上升,因而对系统绝缘是有利的。中性点接地系统的另一个缺点是发生单相接地故障时,很大的单相接地电流产生的磁场会对附近的通信线路产生干扰,即出现一个电磁骚扰发射源。

2. 中性点不接地系统

中性点不接地系统是指中性点不接地或经过高阻抗(如消弧线圈)接地的系统,也称小接地电流系统。这种系统发生单相接地故障时,只有比较小的导线对地电容电流通过故障点,因而系统仍可继续运行,这对提高供电可靠性是有利的。但这种系统在发生单相接地故障时,系统中性点对地电压会升高到相电压,非故障相对地电压会升高到线电压;若接地点不稳定,产生了间歇性电弧,则过电压会更严重,对绝缘不利。

对于高压输电网,由于传输功率大且传输距离长,一般都采用110kV及以上的电压等级,在这样高的电压等级下绝缘问题比较突出,因此一般都采用中性点接地系统;而在高

压系统中,中性点不接地系统发生单相接地故障时产生的过电压对绝缘的威胁不大,因为高压系统的绝缘水平是根据更高的雷电过电压制定的,因此为了提高供电可靠性,高压系统较多地采用了中性点不接地系统。在我国,作为供配电系统主要电压等级的 35kV、10kV、6kV 等高压系统大多是采用的中性点不接地系统。

对于 1kV 以下的低压配电系统,中性点运行方式与绝缘的关系已不是主要问题,这时中性点运行方式主要取决于供电可靠性和安全性。

1.3.2 低压配电系统的接地形式

1. 接地形式的种类

低压配电系统的接地形式根据电源端与地的关系、电气装置的外露可导电部分与地的关系分为 TN、TT、IT 系统,其中 TN 系统又分为 TN-S、TN-C、TN-C-S 系统。

以拉丁文字作代号的含义为:

第一个字母表示电源与地的关系。T 表示电源有一点有直接接地;I 表示电源端所有带电部分不接地或有一点通过阻抗接地。

第二个字母表示电气装置的外露可导电部分与地的关系。N 表示电气装置的外露可导电部分与电源端有直接电气连接;T 表示电气装置的外露可导电部分直接接地,此接地点在电气上独立于电源端的接地点。

“-”后的字母用来表示中性导体与保护线的组合情况。S 表示整个系统中保护线 and 中性线是完全分开的,C 表示整个系统中保护线 and 中性线是合一的,C-S 表示整个系统中有一部分中性线和保护线是合一的,有一部分中性线和保护线是分开的,合一的中性线和保护线(即 PEN 线)至少接有一台用电器的外露可导电部分。

(1) TN 系统 根据中华人民共和国国家标准《供配电系统设计规范》(GB 50052—1995)规定:TN 电力系统有一点直接接地,电气设施的外露可导电部分用保护线与该点连接。按中性线与保护线的组合情况,TN 系统有以下三种形式:

- 1) TN-S 系统(图 1-5):整个系统的中性线和保护线是分开的。
- 2) TN-C 系统(图 1-6):整个系统的中性线和保护线是合一的。

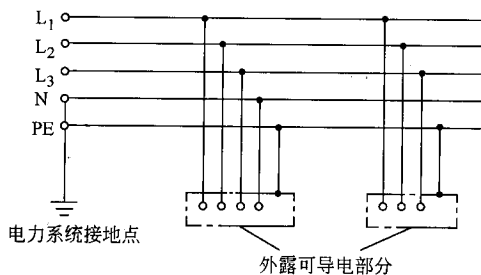


图 1-5 TN-S 系统

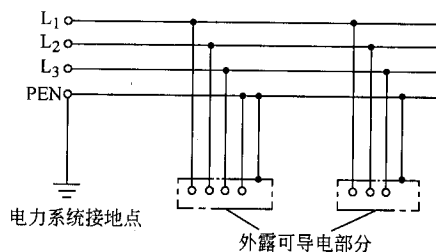


图 1-6 TN-C 系统

- 3) TN-C-S 系统(图 1-7):系统中有一部分中性线和保护线是合一的。

(2) TT 系统 TT 系统有一个直接接地点,电气设施的外露可导电部分接至电气上与电力系统的接地点无关的接地极(图 1-8)。

(3) IT 系统 IT 系统的带电部分与大地间不直接连接,而电气设施的外露可导电部分

则是接地的(图 1-9)。

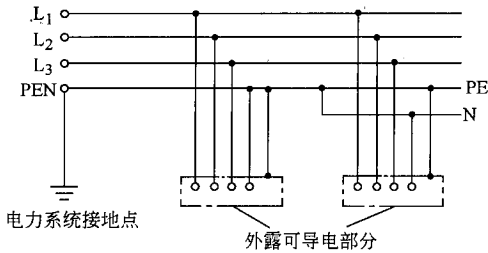


图 1-7 TN-C-S 系统

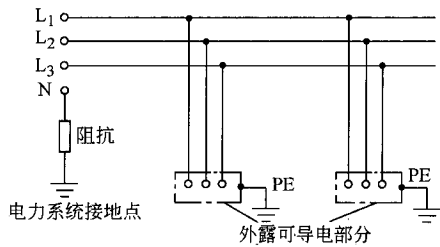


图 1-8 TT 系统

2. 各种接地形式的特点及适用范围分析

1) TN 系统中性点直接接地。在 TN 系统中,一旦电气装置中出现相对地绝缘破坏,则由绝缘破坏相的导线经电气装置、电气装置的外露导电部分和 PE 线构成短路回路,形成较大的短路电流,会使保护装置跳闸,切除故障相。但其中性线和保护线在不同的组合方式下,特点及适用范围有较大的差异。

① TN-S 系统的 N 线和 PE 线是严格分开的,所有电气装置的外露导电部分均与 PE 线相连,由于 PE 线在电源端接地,因此,正常时 PE 线上无电流流过,电气装置的外露导电部分不会带电,是安全的。同时可避免对接在 PE 线上的电气设备的电磁干扰。这种系统适合工作环境较差,对安全性要求较高及电气装置对电磁干扰要求较严的场合。如民用建筑、单相负荷量大或三次谐波严重的用户、电子设备用房等。

② TN-C 系统的 N 线和 PE 是合一的,当三相负荷不平衡或只有单相负荷或三相谐波分量较大时, PEN 线上有工作电流流过,使电气装置的外露可导电部分在正常运行时带电,此时将装置外导电部分与 PEN 线相接是非常危险的。因此这种系统只适合于三相负荷平衡,且单相负荷很小的小型工业企业中。

③ TN-C-S 系统中一部分 PE 线与 N 线合一,一部分 PE 线与 N 线分开。兼有 TN-C 和 TN-S 系统的特点,但当 TN-C 部分出现三相不平衡负荷时,会导致 TN-S 部分 PE 线上带电,因此为了保证 PE 线与 N 线分开后的部分完全具备 TN-S 系统的特点,往往在 PE 线和 N 线分开处作重复接地处理,使分开后的 PE 线始终保持零电位。这种系统一般用于由城市公用低压线路供电的工业企业与民用建筑,也可用于电子设备用房的供电。

2) TT 系统电源有一点(通常是中性点)直接接地,装置的外露导电部分接至电气上与电源接地点无关的接地极。如果设备的外露可导电部分未接地,则当设备发生一相接地故障时,外露可导电部分就要带上危险的相电压。

由于 TT 系统所有设备的外露可导电部分都是经各自的 PE 线分别直接接地的,各自的 PE 线间无电磁联系,因此适于对数据处理、精密检测装置等供电;同时,TT 系统与 TN 系统一样属三相四线制系统,接用相电压的单相设备十分方便,如果装设灵敏的触电保护装置,能够保证人身安全。因而这种系统在国外应用较广泛,而在我国则很少采用。但用长远的眼光看,这种系统在我国也有推广应用的前景。这种系统也适用于负荷小而分散的农村低

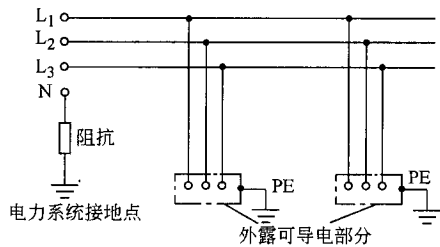


图 1-9 IT 系统