



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

GONGPEIDIAN JISHU

供配电技术

李树元 李光举 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（高职高专教育）

GONGPEIDIAN JISHU

供配电技术

主 编 李树元 李光举
副主编 王贵兰 黄炳义 李 博
编 写 孟红秀 曹芳菊
主 审 王艳华



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

全书共分九个任务，首先是对整个电力系统由浅到深的认知，其次是对电力负荷及短路电流的计算，然后是导线和电气设备的选择，小型电力变压器的安装，室内配电线路的安装，二次回路安装接线图的绘制，低压成套配电装置的安装，继电保护线路的分析，最后是变电站的倒闸操作。

本书从实际出发，以九个小任务贯穿整个供配电系统，完成供配电的基础、计算、选择、操作，以及简单的设计等。每一个任务相对比较独立，基本可以单独成篇，但又存在着内在联系，简单实用，有利于学习和应用。

本书主要作为高职高专电气自动化技术、电力系统自动化技术、机电一体化技术等相关专业用书，也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

供配电技术/李树元，李光举主编. —北京：中国电力出版社，2015.2

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-6935-1

I. ①供… II. ①李… ②李… III. ①供电—高等职业教育—教材②配电系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 009653 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>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 527 千字

定价 43.00 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

本教材从职业需求入手,参照国家职业标准要求,精选教材内容,切实落实“实用、够用”的原则,较好地处理了理论教学与技能训练的关系。同时,在编写的过程中注重新技术的注入,以适应技术的更新和发展。

本教材以九个任务为主线,贯穿整个供配电系统,基本涵盖了供配电的基础知识和基本操作技能。首先是对供配电系统进行一个整体的认知,从而对整个供配电系统有个全面的了解,为后续任务的学习做好铺垫。其次是有计算和选择,然后是小型电力变压器的安装、室内配电线路的安装、低压配电装置的安装。计算是选择的基础,选择是安装的前提,相互依托,更便于记忆和应用。最后是继电保护和倒闸操作。

在每一个任务中,都是以一个具体任务的形式导入,说明要完成的任务是什么,做到目的明确。以任务为线索,把相关知识一一展开,清晰明了,有助于顺利地完成任务。任务中的基础训练就是本任务要掌握的重要概念,技能训练是为了提高计算能力和操作能力而设置的。

任务考核基本是以职业技能鉴定的形式来进行,有基础考核和技能考核两大类。为学生通过职业技能鉴定考取职业资格证书打下良好的基础,同时也方便了教师对学生进行测试。

本教材由邢台职业技术学院李树元、李光举主编。其中,任务一、三由李树元编写,任务二由李光举编写,任务四、六由郑州城市职业学院李博编写,任务五由邢台职业技术学院王贵兰编写,任务七由邢台职业技术学院曹芳菊编写,任务八由邢台职业技术学院黄炳义编写,任务九由邢台职业技术学院孟红秀编写。

本教材由承德石油高等专科学校王艳华教授主审,其在主审过程中提出了许多宝贵的专业性的意见,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中还得到了多个企业专家的指导,他们也提出了许多宝贵意见;同时,本书作者还参阅了部分相关教材及技术文献,在此对这些专家和作者一并表示衷心的感谢。

书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请广大读者给予批评指正。

编者

2014年12月

目 录

前言

任务一 认知电力系统	1
任务导入	1
任务分析	1
相关知识	2
一、电力系统的组成	2
二、电力系统的基本概念	2
三、对电力系统的基本要求	4
四、电力系统的电能质量与电压	4
五、电力系统中性点运行方式	7
六、电力线路的接线方式	11
七、接地与接零技术	16
任务释凝	24
基础训练	24
技能训练	25
任务考核	30
任务二 计算电力负荷及短路电流	32
任务导入	32
任务分析	32
相关知识	33
一、电力负荷与负荷曲线	33
二、计算负荷的计算	36
三、短路电流的计算	40
四、尖峰电流的计算	49
任务释凝	49
基础训练	50
技能训练	50
任务考核	58
任务三 选择供配电系统中的导线和电气设备	61
任务导入	61
任务分析	61
相关知识	61
一、导线和电缆截面的选择计算	61

二、高压开关设备的选择	66
三、低压开关设备的选择	78
四、互感器的选择	93
任务释疑	100
基础训练	100
技能训练	103
任务考核	107
任务四 安装小型电力变压器	111
任务导入	111
任务分析	112
相关知识	112
一、变电站站址的选择	112
二、变电站的类型	113
三、变电站的电气主接线	115
四、变电站的总体布置	119
五、电力变压器的结构	120
六、变压器台数、容量的选择	123
七、变压器的检查和测试	125
八、变压器的安装接线	125
任务释疑	132
基础训练	133
技能训练	135
任务考核	135
任务五 安装室内配电线路	140
任务导入	140
任务分析	141
相关知识	141
一、电力线路的结构类型	141
二、电气照明的基本概念	146
三、常用电光源	149
四、常用照明装置	153
五、电气照明施工图	158
六、照明装置的安装	170
七、室内配电线路的敷设	178
任务释疑	184
基础训练	186
技能训练	188
任务考核	193
任务六 绘制二次回路安装接线图	197

任务导入·····	197
任务分析·····	197
相关知识·····	198
一、二次回路概述·····	198
二、二次回路的操作电源·····	198
三、高压断路器的控制和信号回路·····	204
四、中央信号回路·····	207
五、绝缘监察回路·····	211
六、二次回路的接线图·····	214
任务释凝·····	221
基础训练·····	223
技能训练·····	225
任务考核·····	225
任务七 安装低压成套配电装置·····	229
任务导入·····	229
任务分析·····	230
相关知识·····	230
一、配电装置·····	230
二、KYN 28A-12 型金属铠装抽出式开关柜操作·····	236
三、低压配电柜的安装接线·····	238
任务释凝·····	249
基础训练·····	251
技能训练·····	253
任务考核·····	257
任务八 分析继电保护线路·····	261
任务导入·····	261
任务分析·····	262
相关知识·····	262
一、继电保护的基本知识·····	262
二、常用的保护继电器·····	266
三、继电保护装置的接线方式·····	274
四、工厂高压线路的继电保护·····	275
五、电力变压器的继电保护·····	283
任务释凝·····	288
基础训练·····	289
技能训练·····	291
任务考核·····	297
任务九 变电站的倒闸操作·····	301
任务导入·····	301

任务分析	301
相关知识	303
一、倒闸操作的基本概念	303
二、操作票	304
三、变电站倒闸操作的步骤	312
任务释疑	313
基础训练	313
技能训练	314
任务考核	316
附录 A 用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数	320
附录 B S9 系列 6~10kV 级铜绕组低损耗电力变压器的技术数据	321
附录 C 常用高压断路器的技术数据	322
附录 D 常用电流互感器的技术数据	323
附录 E 常用电压互感器的技术数据	324
附录 F 常用低压断路器的技术数据	325
附录 G 裸铜、铝及钢芯铝导线的允许载流量 (环境温度 25℃、最高允许温度 70℃)	326
附录 H 绝缘导线的允许载流量 (导线正常最高允许温度 65℃)	327
附录 I 电力电缆的允许载流量	330
附录 J 导线机械强度最小截面积	332
附录 K 导线和电缆的电阻和电抗	333
附录 L 照明灯具距地面最低悬挂高度的规定	335
附录 M 部分灯具的最大允许距高比	336
参考文献	337

任务一 认知电力系统



【知识目标】

- (1) 掌握电力系统的基本组成及有关概念。
- (2) 了解电力线路的接线方式。
- (3) 了解电力系统中性点运行方式。
- (4) 掌握接地与接零的基本概念。



能力目标

- (1) 掌握用户供配电电压的选择方法。
- (2) 熟悉电力系统额定电压的确定方法。
- (3) 掌握电力系统中性点运行方式的应用。
- (4) 熟悉接地电阻的测量方法。



任务导入

电能是现代工业生产的主要能源和动力,属于二次能源。发电厂把一次能源(如煤、油、水、原子能等)转换成电能,用电设备又把电能转换为机械能、热能等。电能既易于由其他形式的能量转换而来,也易于转换为其他形式的能量以供应用。电能的输送和分配既简单经济,又便于控制、调节和测量,有利于实现生产过程自动化。现代社会的信息技术和其他高新技术,无一不是建立在电能应用的基础之上的。因此,电能在现代工业生产及整个国民经济生活中的应用极为广泛。

工业生产和日常生活的电能来源于电力系统,要掌握供配电技术,就要从认知电力系统开始。



任务分析

电能是由发电厂生产的,但发电厂往往建在能源基地附近,远离用户,这就引起了大容量、远距离输送电力的问题。当电流在线路中流过时,会造成电压降落、功率损耗。根据 $S = \sqrt{3}UI$ 可知,输送相同的容量,电压越高,电流就越小,输电线上的电能损耗和电压损耗也就越少。因此,远距离输送大容量时须用高电压输送。但高压电并不能被用户直接使用,所以要将高压电降为一般低压用电设备所需的电压(如 220、380V 等),然后由低压配电线路将电能分送给各用电设备。

电能的传输与分配过程如图 1-1 所示。从图 1-1 中可以大致看出,电能的传递要经过发电、变电、输电、配电及用电的过程。电能传输的过程中发生了哪些变化?要想得出答案需具备以下知识和技能。

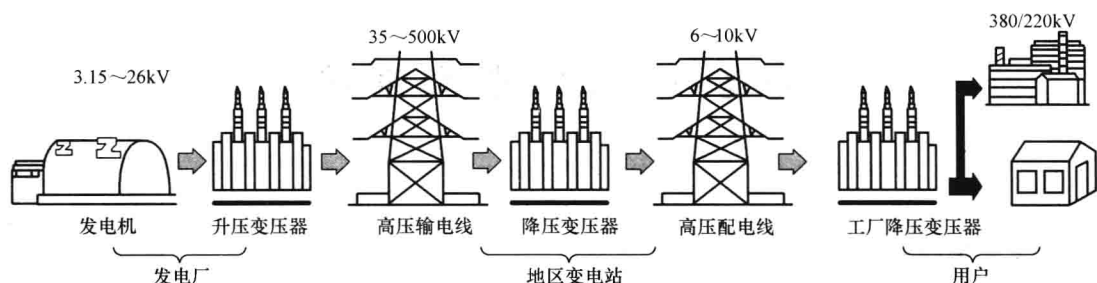


图 1-1 电能的传输与分配过程



相关知识

一、电力系统的组成

电力系统主要由发电厂、变电站、输电线和电能用户组成。

1. 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的各种一次能源（如水力、煤炭、石油、天然气、风力、地热、太阳能和核能等）转换为电能（二次能源）的特殊工厂。发电厂按其所用一次能源形式的不同，可分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等；按其规模和供电范围的不同，又可分为区域性发电厂、地方性发电厂和自备发电厂等。

2. 变电站

由于发电机产生的电压受绝缘材料和结构的限制，产生的电压最高也只能达到约 27kV。作为远距离输电，这样的电压远远不能保证输电质量和经济性，为此，需要升压变电站将电压升高，使输送功率不变的情况下输电线路中的电流明显减小，以求用电的经济。在用电中心或用电单位，再用变压器将电压降低到用电设备的电压等级，以求用电的安全。

3. 输电线

输电线的作用是输送电能，并把发电厂、变电站和用户连接起来构成电力系统。

输电线一般是指 35kV 及以上的电力线路，35kV 以下向用电单位或城乡供电的线路称为配电线路。

4. 电能用户

电能用户（又称电力负荷）是指所有消耗电能的用电设备或用电单位，按行业可分为工业用户、农业用户、交通运输用户、照明及城市生活用户四类。其中，工业用户是最大的电能用户，占总容量的 70% 以上。根据供电容量划分，总供电容量不超过 1000kVA 的工业企业，视为小型企业；超过 1000kVA 而不超过 10 000kVA 的企业，视为中型企业；超过 10 000kVA 的企业，视为大型企业。

二、电力系统的基本概念

电力系统、电网、动力系统示意如图 1-2 所示。

1. 电力系统

由发电、输电、变电、配电及用电组成的统一体称为电力系统。

2. 电网

电力系统中各种电压等级的输配电线路及与其联系的变电站组成的部分（即电力系统中除发电厂及电力用户以外的中间环节）称为电网。

电网的作用是输送和分配电能，按不同的方式划分具有不同的类型。

(1) 电网按供电范围、输送功率和电压等级分为地方电网、区域电网和远距离输电线等。

地方电网是指 35kV 及以下电压等级的电网，供电区域不大。

区域电网是指 110kV 及以上电压等级的电网，供电区域较大。

远距离输电线是指 220kV 及以上电压等级的输电线路，距离大于 500km 的输电线又称为超高压输电系统。

(2) 电网按接线方式分为开式电网和闭式电网。

开式电网：用户只能从单方向得到供电。

闭式电网：用户可从两个或两个以上方向得到供电。

(3) 电网按电压高低分为低压网（1kV 以下）、中压网（1~10kV）、高压网（高于 10kV，低于 330kV）、超高压网（330~500kV）和特高压网（750~1000kV）几种。

对电力系统电压高低的划分，一般有如下规定：

低压：指额定电压在 1000V 以下。

高压：指额定电压在 1000V 及以上。

3. 动力系统

电力系统加上发电厂的动力部分（如锅炉、汽轮机、核反应堆、水库、水轮机及热力装置等）所构成的整体称为动力系统。

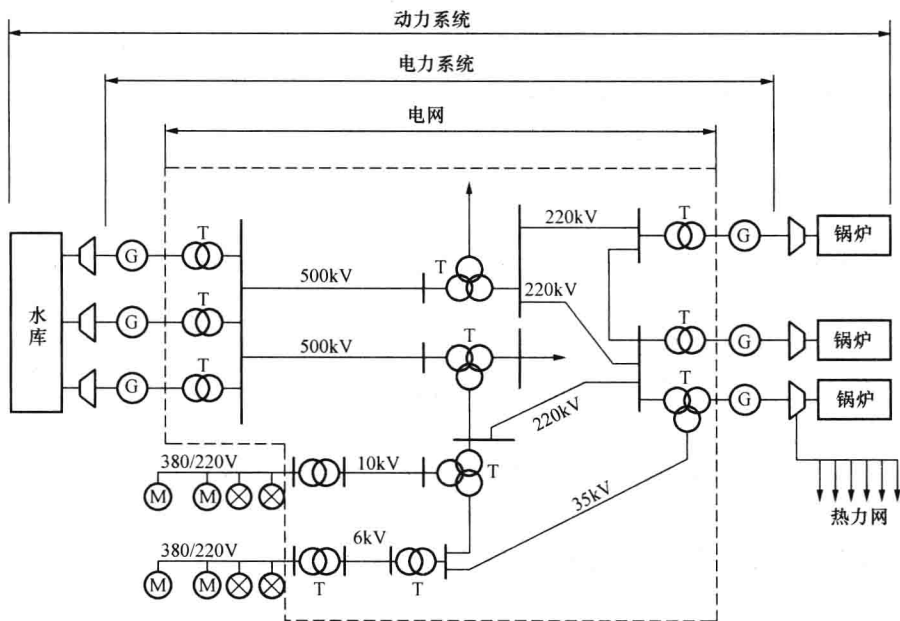


图 1-2 电力系统、电网、动力系统示意图

三、对电力系统的基本要求

供电工作要很好地为工业生产服务, 切实保证工厂生产和生活用电的需要, 并做好节能工作, 就必须达到以下几项基本要求。

(1) 安全。在电能的供应、分配和使用中, 不应发生人身事故和设备事故。

(2) 可靠。应满足电能用户对供电可靠性(即连续供电)的要求。

(3) 优质。应满足电能用户对电压和频率等质量的要求。

(4) 经济。供电系统的投资要少, 运行费用要低, 并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

四、电力系统的电能质量与电压

(一) 电能质量

电力系统中的所有设备都是在一定的电压和频率下工作的。电压和频率是衡量电能质量的两个基本参数。

一般交流电力设备的额定频率为 50Hz, 此频率通常称为工频。《供电营业规则》规定: 在电力系统正常的情况下, 工频的频率偏差一般不得超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。当电力系统容量达到 3000MW 或以上时, 频率偏差则不得超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。在电力系统非正常状况下, 频率偏差不应超过 $\pm 1\text{Hz}$ 。

频率的调整主要依靠发电厂来调节发电机的转速。对供电系统来说, 提高电能质量主要是提高电压质量的问题。电压质量是按照国家标准或规范对电力系统电压的偏差、波动、波形及其三相的对称性(平衡性)的一种质量评估。

电压偏差是指电气设备的端电压与其额定电压之差, 通常以其对额定电压的百分值来表示。

电压波动是指电网电压有效值(方均根值)的快速变动。电压波动值以用户公共供电点的相邻最大与最小电压方均根值之差对电网额定电压的百分值来表示。电压波动的频率用单位时间内电压波动(变动)的次数来表示。

电压波形的好坏用其对正弦波形畸变的程度来衡量。

三相电压的平衡情况用其不平衡度来衡量。

(二) 电网和电力设备的额定电压

按照 GB/T 156—2007《标准电压》的规定, 我国三相电网和发电机的额定电压见表 1-1。

1. 电网(线路)的额定电压

电网的额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要和电力工业的水平, 经过全面的技术经济分析而确定的。它是确定各类电力设备额定电压的基本依据。

2. 用电设备的额定电压

由于线路运行时要产生电压降, 所以线路上各点的电压都略有不同, 如图 1-3 中虚线所示。但是批量生产的用电设备, 其额定电压不可能按使用处线路的实际电压来制造, 而只能按线路首端与末端的平均电压(即电网的额定电压 U_N)来制造。因此用电设备的额定电压规定与同级电网的额定电压相同。

3. 发电机的额定电压

由于电力线路允许的电压偏差一般为 $\pm 5\%$, 即整个线路允许有 $\pm 10\%$ 的电压损耗, 因此为了维持线路的平均电压额定值, 线路首端(电源端)的电压可较线路额定电压高 5% ,

而线路末端则可较线路额定电压低 5%，如图 1-3 所示。所以，发电机额定电压按规定应比同级电网（线路）额定电压高 5%。

表 1-1 我国三相交流电和电力设备的额定电压 kV

分类	电网和用电设备额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
低压	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	3	3, 15	3, 3.15	3.15, 3.3
	6	6.3	6, 6.3	6.3, 6.6
	10	10.5	10, 10.5	10.5, 11
	—	13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26	13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26	—
	35	—	35	38.5
	66	—	66	72.5
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550
	750	—	750	825 (800)
	1000	—	1000	1100

4. 电力变压器的额定电压

(1) 电力变压器一次绕组的额定电压。

1) 当变压器直接与发电机相连时，如图 1-4 中的变压器 T1，其一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同，即比同级电网额定电压高 5%。

2) 当变压器不与发电机相连而是连接在线路上时，如图 1-4 中的变压器 T2，则可看作是线路的用电设备，因此其一次绕组额定电压应与电网额定电压相同。

(2) 电力变压器二次绕组的额定电压。

1) 变压器二次侧供电线路较长，如为较大的高压电网时，如图 1-4 中的变压器 T1，其二次绕组额定电压应比相连电网额定电压高 10%，其中有 5%是用于补偿变压器满负荷运

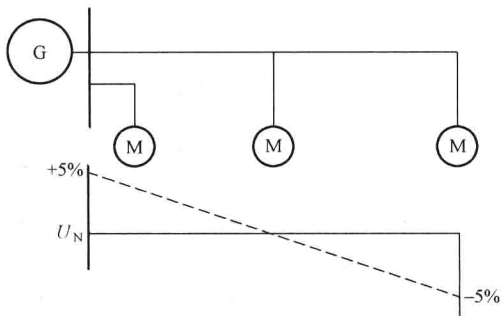


图 1-3 线路上各点的电压

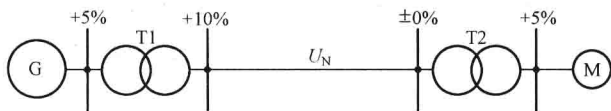


图 1-4 电力变压器的额定电压

行时绕组内部的约 5% 的电压降，因为变压器二次绕组的额定电压是指变压器一次绕组加上额定电压时二次绕组开路的电压。此外，变压器满负荷时输出的二次电压还要比电网额定电压高 5%，以补偿线路上的电压损耗。

2) 高压侧电压在 35kV、短路电压为 7.5% 及以下的变压器，或者，二次侧供电线路不长，如为低压电网或直接供电给高低压用电设备时，如图 1-4 中的变压器 T2，其二次绕组额定电压只需比所连电网额定电压高 5%，仅考虑补偿变压器满负荷运行时绕组内部 5% 的电压降。

(三) 电能用户供配电电压的选择

1. 工厂供电电压的选择

工厂供电电压的选择主要取决于当地电网的供电电压等级，同时也要考虑工厂用电设备的电压、容量和供电距离等因素。由于在同一输送功率和输送距离条件下，供电电压越高，则线路电流越小，从而使线路导线或电缆截面越小，可减少线路的初投资和有色金属消耗量。各级电压电力线路合理的输送功率和输送距离见表 1-2。

表 1-2 各级电压电力线路合理的输送功率和输送距离

线路电压/kV	线路结构	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	架空线	≤100	≤0.25
0.38	电缆	≤175	≤0.35
6	架空线	≤1000	≤10
6	电缆	≤3000	≤8
10	架空线	≤2000	6~20
10	电缆	≤5000	≤10
35	架空线	≤2000~10 000	20~50
66	架空线	3500~30 000	30~100
110	架空线	10 000~50 000	50~150
220	架空线	100 000~500 000	200~300

《供电营业规则》规定：供电企业（指供电电网）供电的额定电压，低压有单相 220V，三相 380V；高压有 10、35（66）、110、220kV。《供电营业规则》还规定：除发电厂直配电压可采用 3kV 或 6kV 外，其他等级的电压应逐步过渡到上述额定电压。如果用户需要的电压等级不在上列范围时，应自行采用变压措施解决。用户需要的电压等级在 110kV 及以上时，其受电装置应作为终端变电站设计，其方案需经省电网经营企业审批。

2. 工厂高压配电电压的选择

工厂供电系统的高压配电电压主要取决于工厂高压用电设备的电压、容量和数量等因素。

工厂采用的高压配电电压通常为 10kV。如果工厂拥有相当数量的 6kV 用电设备，或者供电电源电压就是从邻近发电厂取得的 6.3kV 直配电压，则可考虑采用 6kV 作为工厂的高压配电电压。如果不是上述情况，或者 6kV 用电设备不多时，则应仍用 10kV 作为高压配电电压，而少数 6kV 用电设备则通过专用的 10/6.3kV 变压器单独供电。3kV 不能作为高压配电电压，如果工厂有 3kV 用电设备，则应通过 10/3.15kV 变压器单独供电。

如果当地电网供电电压为 35kV，而厂区环境条件又允许采用 35kV 架空线路和较经济的 35kV 电气设备时，则可考虑采用 35kV 作为高压配电电压深入工厂各车间负荷中心，并经车间变电站直接降为低压用电设备所需的电压。这种高压深入负荷中心的直配方式，可以省去一级中间变压，大大简化供电系统接线，节约投资和有色金属，降低电能损耗和电压损耗，提高供电质量，有一定的推广价值。但必须考虑厂区要有满足 35kV 架空线路深入各车间负荷中心的“安全走廊”，以确保安全。

3. 工厂低压配电电压的选择

工厂的低压配电电压一般采用 220/380V，其中线电压 380V 接三相动力设备及额定电压为 380V 的单相用电设备，相电压 220V 接额定电压为 220V 的照明灯具和其他单相用电设备。但某些场合宜采用 660V 甚至 1140V 作为低压配电电压，如矿井下，因负荷中心往往离变电站较远，所以为保证负荷端的电压水平而采用 660V 甚至 1140V 电压配电。采用 660V 或 1140V 配电，与采用 380V 配电相比，可以减少线路的电压损耗，提高负荷端的电压水平，而且能减少线路的电能损耗，降低线路的有色金属消耗量和初投资，增加供电半径，提高供电能力，减少变压点，简化配电系统。因此，提高低压配电电压有明显的经济效益是节电的有效措施之一，这在世界各国已成为发展趋势。但是将 380V 升高为 660V，需电器制造部门乃至其他有关部门全面配合，我国目前尚难实现。在一些特殊行业，如采矿、石油和化工等部门，有采用 660V 电压或 1140V 电压。至于 220V 电压，现已不作为三相配电电压，只作为单相配电电压和单相用电设备的额定电压。

五、电力系统中性点运行方式

在三相交流电力系统中，作为供电电源的发电机和变压器的中性点有四种运行方式，即中性点直接接地、中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点经电阻接地，如图 1-5 所示。图中电容为输电线路对地等效电容。

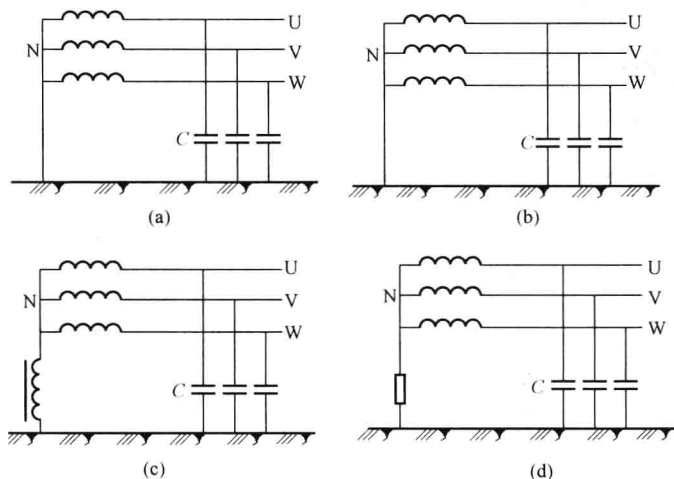


图 1-5 电力系统中性点运行方式

(a) 中性点直接接地；(b) 中性点不接地；(c) 中性点经消弧线圈接地；(d) 中性点经电阻接地

(一) 中性点直接接地电力系统

中性点直接接地的系统称为有效接地系统，也称为大电流接地系统。图 1-6 所示为电

源中性点直接接地的电力系统发生单相接地时的电路图。中性点直接接地系统的单相接地,即通过接地中性点形成单相短路。单相短路电流 $I_k^{(1)}$ 比线路的正常负荷电流大得多,因此在此系统发生单相短路时保护装置应动作于跳闸,切除短路故障,使系统的其他部分恢复正常运行。

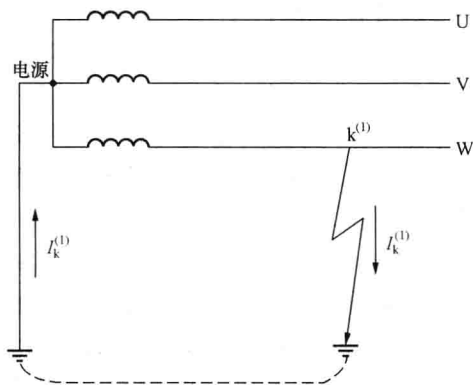


图 1-6 电源中性点直接接地的电力系统
发生单相接地时的电路图

中性点直接接地的系统发生单相接地时,其他两完好相的对地电压不会升高。因此,中性点直接接地的系统中的供用电设备绝缘只需按相电压考虑,而无需按线电压考虑。因此该系统的优点是系统的过电压水平和输变电设备所需的绝缘水平较低。系统的动态电压升高不超过系统额定电压的 80%, 高压电网中采用这种接地方式降低设备和线路造价,经济效益显著。该系统在发生单相接地故障时,一般能使保护装置迅速动作,切除故障部分,比较安全。如果再加装漏电保护器,则人身安全有更好的保障。

该系统的缺点是发生单相接地故障时单相接地电流很大,必然引起断路器的跳闸,降低了供电连续性,因而供电可靠性较差。

我国 110kV 及以上超高压系统的电源中性点通常都采取直接接地的运行方式。在低压配电系统中,我国广泛应用的 TN 系统及在国外应用较广的 TT 系统,均为中性点直接接地系统。

(二) 中性点不接地电力系统

中性点不接地系统是非有效接地系统。图 1-7 所示为电源中性点不接地的电力系统在正常运行时的电路图和相量图。

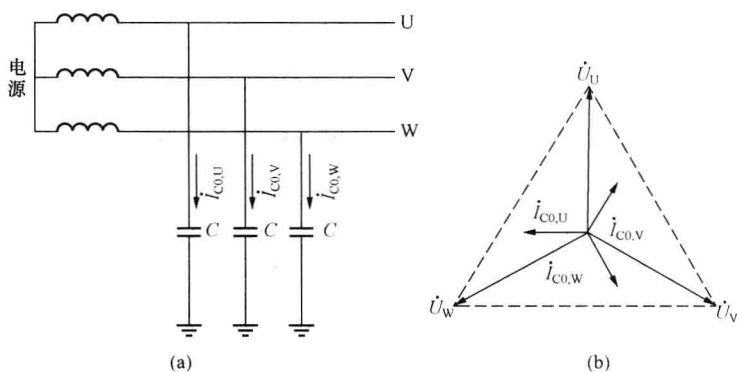


图 1-7 正常运行时中性点不接地的电力系统
(a) 电路图; (b) 相量图

系统正常运行时,三个相的电容电流的相量和为零,地中没有电流流过。各相的对地电压就是各相的相电压。

当系统发生单相接地故障时,假设是 W 相接地,如图 1-8 (a) 所示。这时 W 相对地

电压为零, 而 U 相对地电压 $\dot{U}'_U = \dot{U}_U + (-\dot{U}_W) = \dot{U}_{UW}$, V 相对地电压 $\dot{U}'_V = \dot{U}_V + (-\dot{U}_W) = \dot{U}_{VW}$, 如图 1-8 (b) 所示。由图 1-8 (b) 的相量图可知, W 相接地时, 完好的 U、V 两相对地电压都由原来的相电压升高到线电压, 即升高为原对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍。

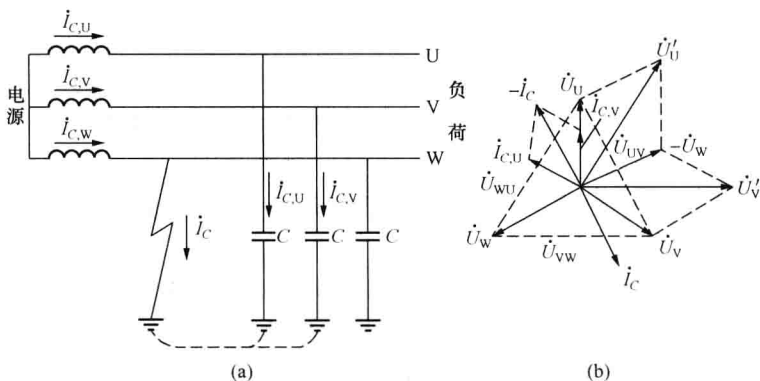


图 1-8 单相接地时中性点不接地的电力系统

(a) 电路图; (b) 相量图

当 W 相接地时, 系统的接地电流 (电容电流) $\dot{I}_C$ 应为 U、V 两相对地电容电流之和, 即

$$\dot{I}_C = -(\dot{I}_{C,U} + \dot{I}_{C,V})$$

由图 1-8 (b) 可知, $\dot{I}_C$ 在相位上超前 $\dot{U}_W$ 90° ; 而在量值上, 由于 $I_C = \sqrt{3}I_{C,U}$, 而 $I_{C,U} = U_U' / X_C = \sqrt{3}U_U / X_C = \sqrt{3}I_{C0}$, 因此

$$I_C = 3I_{C0}$$

即单相接地电容电流为正常运行时相线对地电容电流的 3 倍。

由于线路对地的电容 C 不好准确计算, 因此 I_{C0} 和 I_C 也不好根据 C 值来精确地确定。中性点不接地系统中的单相接地电流通常采用下列经验公式计算

$$I_C = \frac{U_N (l_t + 35l'_t)}{350} \quad (1-1)$$

式中 I_C ——系统的单相接地电容电流, A;

U_N ——系统额定电压, kV;

l_t ——同一电压 U_N 的具有电联系的架空线路总长度, km;

l'_t ——同一电压 U_N 的具有电联系的电缆线路总长度, km。

该系统的优点是发生单相接地故障时, 不形成短路回路, 通过接地点的电流仅为接地电容电流, 当单相接地故障电流很小时, 只使三相对地电位发生变化, 故障点电弧可以自熄, 熄弧后绝缘可自行恢复, 能自动地清除单相接地故障, 而无需使线路断开, 可以带故障运行一段时间, 以便查找故障线路, 因而大大提高了供电可靠性。另外, 电网的单相接地电流很小, 对邻近通信线路干扰也小。

该系统的缺点是发生单相接地故障时, 会产生弧光重燃过电压。这种过电压现象会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, 所以对系统绝缘水平要求较高。