



中等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电力网 及电力系统

(第四版)

王新学 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



中等职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

电力网 及电力系统

(第四版)

主 编 王新学
编 写 王义和 周振山
主 审 赵宝清



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为电力类中等职业教育规划教材。

全书共分十一章。主要内容有：电力网的额定电压与接线；架空线的机械计算；电力系统元件的额定电压与等值电路；潮流计算；电力系统频率、电压调整；能耗计算与降低；导线截面选择；电力系统运行的稳定性；电力网规划设计与远距离输电等。

本书适用于发电厂及电力系统、电力系统继电保护、输配电、供用电等专业。也可供从事电力网及电力系统运行、设计、施工等方面的工作人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力网及电力系统/王新学主编.—4版.—北京：中国电力出版社，2007.1

中等职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-4995-4

I. 电... II. 王... III. 电力系统—专业学校—教材 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 142791 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1980年3月第一版

2007年1月第四版 2007年1月北京第十九次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 17.75印张 430千字

印数 190981—195980册 定价 26.80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)

前 言

电力网及电力系统，自 1979 年出版以来，承蒙广大师生和读者参考和阅读，得以多次修订出版发行。电网（第三版）自 1991 年发行至今，已 15 年有余。在这期间，我国的电力工业，在原有的基础上，取得了突飞猛进地发展。全国发电装机容量，已达 6 亿 kW。国家级特高压骨干网 $\pm 800\text{kV}$ （直流）、 1000kV （交流）正在建设之中。国家级联网将逐步形成。一批特高压电气设备，正在研制出来。这些成就使我国电力工业走在了世界的前列。

同时，相应的中压网、高压网在各大区、省市县快速成倍地发展。将巨大的电能，源源不断地输送到广大城市和农村，促进了工农业的发展，人民生活水平得到了很大地提高。

为此，就需要不断地培养出大批科技人才，为电力工业服务，为广大用户服务。在此形势下，本书第四版将再次出版发行。

本书由王新学主编。

在此次修订中，第二章由周振山执笔，其余部分，由王新学执笔。

对于在前三版教材中，参加编写、主审、提供资料而付出辛勤劳动的赵宝清、王义和、孙瑞璋、周国强、顾惠珍等同志，表示诚挚地感谢和敬意。对于参与编写提纲讨论的各校老师，深表谢意。

由于编者水平有限，诚恳希望各校师生和读者，提供意见和批评，以便改正。

编 者

2006 年 10 月

第三版前言

本书根据能源部中国电力企业联合会 [1990] 6 号文《电力中等专业学校教材建设规划》的规定而修订的。本次修订出版,是根据 1989 年 4 月部分电力中等专业学校电力网及电力系统课的教师讨论的修订提纲,和征求到的各学校的意见进行的。主要作了如下工作:

(1) 根据培养目标与中等专业学校学生特点,删去了第二版中某些偏多、偏难、偏深又应用不多的内容,注意了理论联系实际,并加强实践性教学环节的内容。

(2) 根据电力中等专业学校教学研究会的规定,书中带有感性的复数功率以 $P+jQ$ 的形式表示,并修订了某些表格,曲线。

(3) 根据教学大纲的要求,增写了电力网规划设计一章;根据我国电力工业的发展实际与电力网及电力系统专业选修课程及其他专业的需要,保留了远距离输电一章。

本书注重教学特点,注意到知识的系统性,由浅入深,循序渐进。本书把规程规范的要求与课文融为一体,并列入一定数量的例题和习题,以利于提高学生分析问题和解决实际问题的能力。

在此次修订中,第二章由周振山编写;第九章由王义和编写;其余几章由王新学编写。

本书由王新学主编,杭州电力学校赵宝清主审。在此次修订中,对于有关单位的同志们所提供的宝贵意见和建议,深表感谢。由于编者水平有限,诚恳希望各校师生和读者,对本书的缺点和错误提出意见和批评,以便改进。

编者

1991 年 7 月

目 录

前言

第三版前言

第一章 电力系统的基本知识	1
第一节 电力网及电力系统的组成.....	1
第二节 电力系统的发展简况及对它的基本要求	2
第三节 电力系统的额定电压	4
第四节 电力网的接线方式	7
习 题	8
第二章 架空线的机械计算	10
第一节 架空线路的结构.....	10
第二节 架空线的比载计算.....	17
第三节 架空线的弧垂、线长与应力	19
第四节 状态方程	22
第五节 临界档距	24
第六节 代表档距与安装曲线	29
第七节 悬点不等高档距中架空线的计算.....	32
第八节 线路路径的选择与定位	37
习 题	43
第三章 电力系统的参数及等值电路	44
第一节 线路的参数	44
第二节 线路的等值电路.....	50
第三节 变压器的等值电路及参数	52
第四节 同步发电机与负荷的等值电路及参数	59
习 题	63
第四章 电力网的潮流计算	64
第一节 电力网的功率损耗与电压计算	64
第二节 一端电源供电网的潮流计算	69
第三节 两端电源供电网的潮流计算	74
第四节 多端电源供电网的潮流计算	81
第五节 电力系统的节点电压方程与导纳矩阵	90
第六节 电力系统节点分类与迭代计算简述	97

第七节 牛顿-拉夫逊法潮流计算	101
习 题	109
第五章 电力系统有功功率平衡与频率调整	112
第一节 概 述	112
第二节 汽轮机的调速装置	114
第三节 电力系统的频率调整	117
第四节 电力系统有功功率的经济分配	119
习 题	122
第六章 电力系统无功功率平衡与电压调整	123
第一节 概 述	123
第二节 电力系统的无功电源	126
第三节 电压中枢点的调压方式	130
第四节 改变发电机励磁调压	132
第五节 利用变压器的分接头调压	132
第六节 利用有载调压器调压	136
第七节 改变电力网的无功功率分布调压	138
第八节 改变电力网的参数调压	141
习 题	145
第七章 电能损耗计算及降低的措施	147
第一节 概 述	147
第二节 负荷曲线与最大负荷利用时间	147
第三节 面积法电能损耗计算	151
第四节 均方根电流法电能损耗计算	152
第五节 最大功率损耗时间法电能损耗计算	159
第六节 降低电力网电能损耗的措施	163
习 题	168
第八章 电力网导线截面的选择	170
第一节 选择导线截面的必要条件	170
第二节 按经济电流密度选择导线截面	171
第三节 闭式网线路导线截面选择	175
习 题	177
第九章 电力系统运行的稳定性	179
第一节 概 述	179
第二节 电力系统运行的静态稳定性分析与实用判据	182
第三节 发电机组转子运动方程与小振荡法	186
第四节 提高静态稳定运行的措施	189
第五节 电力系统运行的暂态稳定性分析与面积定则	193
第六节 极限切除角与极限切除时间	198
第七节 提高暂态稳定运行的措施	199

第八节 电力系统振荡的概念	204
习 题	207
第十章 电力网的规划设计	209
第一节 概 述	209
第二节 电力负荷计算	211
第三节 变电所主接线及变压器容量选择	216
第四节 电力网的接线方案选择与技术经济比较	217
习 题	223
第十一章 远距离输电	224
第一节 交流远距离输电线路的输电方程	224
第二节 交流远距离输电线路的自然功率	233
第三节 交流远距离输电线路的参数补偿	235
第四节 高压直流输电	237
习 题	247
附 录	249
附录 I 输电线路电感电抗与电容电纳计算公式的推导	249
附录 II 气象区	255
附录 III 电力网的常用参数	256
附录 IV 电力电容器的参数	267
附录 V 导线的容许载流量	268
附录 VI 双曲线函数、指数函数及三角函数的关系式	272
附录 VII 三次方程式的计算器解法推证	273

电力系统的基本知识

第一节 电力网及电力系统的组成

现代工农业生产、交通运输以及城乡人们生活等许多方面，广泛地使用着电能。因为，电能易于转换成其他形式的能量，使用便利，输送与分配经济，并便于控制。

使用电能的单位，称为用户。用电的类型很多，主要分为工业用电、农业用电与生活用电等。工业用电集中、用电量大、设备利用率高、对供电可靠性要求高；农业用电分散、用电量小、与气候及季节有关，平时对供电可靠性要求较低、灾害天气时对供电可靠性要求高；人们生活用电面广、形式多样、随着生产的发展，生活水平的提高，用电量愈来愈大，对供电的可靠性要求也愈来愈高。

将自然能转变为电能的过程称为发电，一般在发电厂中进行。自然能称为一次能源，主要来自太阳、地球和地球与其它天体的相互作用。电能是经过人们加工而取得的二次能源。现代，世界各国主要用于发电的一次能源有：石油、煤炭、天然气、水力及原子能等。应用这些能源发电的电厂分别称为火电厂、水电厂及原子能电厂（或称核电厂）。此外，还有太阳能发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂、地热发电厂等。现阶段，磁流体发电、电气体发电等也都进入工业性试验阶段。我国幅员辽阔，煤炭、石油、水力、原子能等资源丰富的，这些都为建设大型的、多种类型的发电厂创造了条件。

现代世界上许多国家，将大型火电厂建设在煤炭、石油等能源的产地，以节约燃料运输费用；水电厂又需要建设在江河水流落差较大的河段。而用电负荷中心，一般集中在大城市、工业中心、矿山开采、农业发达及交通枢纽等地。因此，发电厂和用电负荷中心之间，往往相距几十、几百甚至数千公里，这就需要用电力线路作为输送电能的通道。将发电厂的电能送到负荷中心的线路叫作输电线路；将负荷中心的电能送到各用户的电力线路叫作配电线路。负荷中心，一般设有变电所。

在输送与分配电能的过程中，电流在导线中产生电压降落、功率损耗和电能损耗。减少电压降落可以提高电能质量；减少功率损耗可以提高设备利用率；减少电能损耗可以提高供电的经济性。在线路输送功率不变的情况下，提高电压才能作到上述各点。因此，随着电力工业的不断发展，世界各国都在不断地提高输电线路的电压，大力发展超高压远距离输电。将电能用很高电压的输电线路送到负荷中心的变电所之后，经过降压、控制，并用配电线路送电给用户（采用较低电压配电主要是由于线路和用电设备的技术经济效益较好）。现阶段，我国输电线路电压在110kV及以上，配电线路电压主要为35kV、10kV及0.4kV等。

电压的升高或降低，是通过变压器完成的。安装变压器及其测量、保护与控制设备的地方称为变电所。用于升高电压的称为升压变电所；用于降低电压的称为降压变电所。

由发电厂中的电气部分、各类变电所及输电、配电线路及各种类型的用电器组成的统一体，称为电力系统。电力系统包括发、变、输、配、用电等单元，以及相应的通信、安全自动设施，继电保护、调度自动化设备等。电力系统在我国分为地区级、省级、大区系统几

类, 在国外, 还有跨国电力系统。

电力系统加上各类型发电厂中的动力部分, 包括热力部分、水力部分、原子反应堆部分等, 称为动力系统。

电力系统中各种电压的变电所及输配电线路组成的统一体, 称为电力网。电力网的任务是输送与分配电能, 并根据需要改变电压。图 1-1 为一大区级电力系统与电力网的示意图。

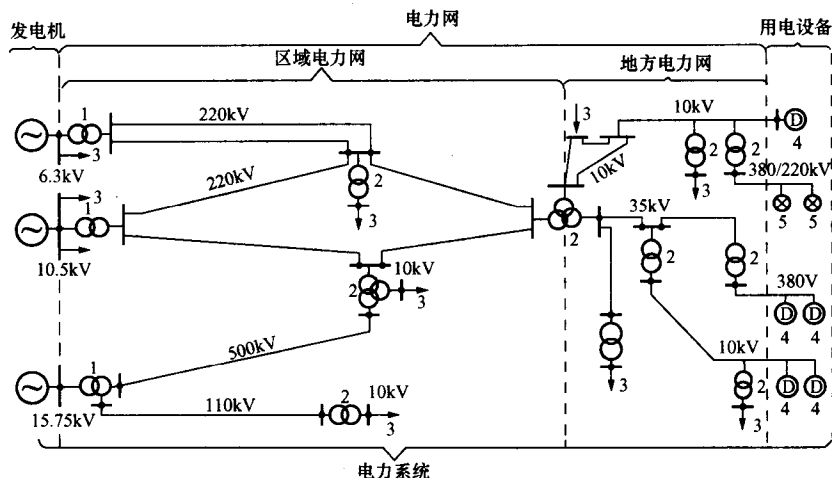


图 1-1 大区级电力系统和电力网示意图

1—升压变压器；2—降压变压器；3—负荷；4—电动机；5—电灯

从研究与计算方面考虑, 可将电力网分为地方网、区域网、远距离输电网三类。电压为 110kV 以上的电力网, 电压较低, 输送功率小, 线路距离短, 主要供电给地方负荷, 称为地方网; 电压在 110kV 以上的电力网, 电压较高, 输送功率大, 线路距离长, 主要供电给大型区域性变电所, 称为区域网; 输电线路长度超过 300km, 电压在 330kV 及以上的电力网, 称为远距离输电网。但电压为 110kV 的电力网属于地方网还是区域网, 主要应从它在电力系统中的作用考虑。

按电压的高低可将电力网分为低压网、中压网、高压网、超高压网等类。电压在 1kV 以下的称为低压网; 电压为 1~10kV 的称为中压网; 电压高于 10kV 低于 330kV 的称为高压网; 电压在 330kV 及以上的称为超高压网。按电力网的接线方式区分, 可将电力网分为一端电源供电的电力网 (又称为开式网); 两端电源供电的电力网及多端电源供电的电力网三类 (后两类又称为闭式网)。按电力网在电力系统中的作用可分为系统联络网 (又称网架) 与供用电网两类。系统联络网主要为系统运行调度服务; 供用电网主要为用户服务。

第二节 电力系统的发展简况及对它的基本要求

一、电力系统的发展简况

人类对于电的认识虽然很早, 但对电能的应用是从 19 世纪才开始的。在 19 世纪 80 年代以前, 发电、输配电和用电都是直流。直流电压低, 供电范围小, 功率小, 应用不多。后来为了扩大供电范围, 将多个低压直流发电机串联以提高送电电压, 但是, 串联运行方式复杂, 事故机会多, 这种输电方式受到了限制。以后, 随着生产技术的发展, 科学的进步, 人

们逐步掌握了三相交流电，创造了运行安全、经济、可靠的三相交流发电机、变压器和感应式电动机等设备。从此，输电电压得到了迅速提高，输送容量和范围也随之迅速扩大，三相交流电力系统取代了低压直流输电。随着生产的发展，科学技术的进一步提高，要求输送功率更大，距离更远，供电更为可靠。于是，各国逐步地将一个个孤立运行的发电厂、变电所用线路连接起来，形成越来越大的电力系统。现代，有些电力系统的输电距离达到数千公里；系统容量达到数千万千瓦，为广大地区的生产、科研及人们生活提供了巨大的能源。随着输电距离及容量的增大，同步发电机并联运行的稳定性对电力系统可靠运行的威胁愈来愈大。虽然，各国在解决交流系统稳定运行方面进行了大量的研究工作，也解决了许多工程实际问题，但交流输电由感抗所带来的固有困难和局限性，在生产实践中也逐渐地为人们所认识，于是，高压直流输电技术又重新为人们所重视。高压大容量可控汞弧阀与可控硅整流器的制成，为高压直流输电的发展创造了条件。超高压交、直流输电的大型电力系统，在我国及世界上许多国家已相继出现。

从上述电力网及电力系统发展简况中可以看到，世界各国都在不断扩大电力系统，逐步将小系统联合成大系统，这是因为联合电力系统在技术和经济上有下述几方面明显的优越性：

- (1) 提高了供电的可靠性；
- (2) 提高了电能的质量；
- (3) 可以减少系统备用容量，提高了设备利用率；
- (4) 便于采用大容量机组，而机组容量大、技术经济性能好；
- (5) 可以合理利用动力资源，提高了系统运行的经济性。

虽然，联合电力系统有上述十分明显的优点，但是，本世纪 60 年代，美国、欧洲、日本等一些地区，相继发生了多次大面积停电事故，造成重大经济损失。这就使人们从不同的角度对联合电力系统进行认真的考察与探索，对于加强电力系统紧密联系这一传统概念是否有利也进行了重新认识，提出了一些新的看法，如既能够节约投资、互相支援，又能够防止事故波及的系统恰当联合的概念等。

二、电力系统运行的特点

电力系统运行的特点主要有以下几个方面。

1. 电能生产输送与使用的连续性

现阶段，电能尚不能大量地、廉价地贮存，发、变、输、配及用电几乎是在同一瞬间进行的，其中，某一环节出现故障，都会影响电力系统的运行。因此，应该努力提高系统各环节元件的可靠性，为电力系统安全、经济、连续的运行创造条件，以保证对用户不间断地供电。

2. 与生产及人们生活的密切相关性

电力工业与国民经济，人们生活的关系极其密切，电能供应不足或中断，将直接影响国民经济计划的完成和人们的正常生活，对某些用户甚至会造成产品报废，设备损坏以及危及人身安全等严重后果。这就要求不断提高电力工业的发展速度，以满足国民经济各部门日益增长的需要，并不断提高供电的可靠性与电能质量，将事故及不正常运行降低到最低限度。

3. 暂态过程的非常短暂性

电力系统由于运行方式的改变而引起的电磁、机电暂态过程是非常短暂的。因此，正常运行和故障情况所进行的调整和切换操作，要求非常迅速。仅依靠手动操作是达不到满意的

效果,甚至是完成不了任务。所以,电力系统运行必须采取自动化程度高,又能迅速而准确动作的继电保护及自动装置和监测控制设备。同时,还需要大量的,掌握现代电力科学技术的各类专门人才。

三、对电力系统的基本要求

1. 尽量满足用户的用电需要

满足国民经济各部门及人民生活不断增长的用电要求、保障供给是电力部门的重要任务。电力工业的发展速度,应超前于其他部门的发展速度,起到先行作用。

2. 保证供电的可靠性

保证供电的可靠性,即不间断地供电十分重要。这就要求对于电力系统各元件和设备,经常进行监测、维护,并定期进行预防性试验和检修,定期更新设备,使设备处于完好的运行状态;严格执行各项规章制度,不断提高运行水平。一旦发生事故,应能迅速、妥善处理,防止事故扩大,做到迅速恢复供电。

3. 保证良好的电能质量

电能质量指标是指电力系统中交流电的波形、频率和电压三者允许的变动范围之内时,电能质量合格,用电设备能正常工作并具有最佳的技术经济效果;如果变动范围超过允许值,不仅要严重影响用电设备的工作,对电力系统本身的运行也有危害。因此,保证良好的电能质量是电力系统的重要任务。

4. 努力提高电力系统运行的经济性

电力系统在运行时,应多发电、多供电、低损耗,以提高经济效益。这就要不断采用新技术,提高劳动生产率,最大限度地降低成本。发电厂要降低燃料消耗率与厂用电率;供电部门要降低电力网的电能损耗率,努力提高系统运行的经济性。

第三节 电力系统的额定电压

一、额定电压的意义

为了使电力设备的生产实现标准化、系列化为了各元件合理配套,电力系统中发电机、变压器、电力线路及各种设备等,都是按规定的额定电压进行设计并制造的。电力设备在额定电压下运行,其技术与经济性能最好。

额定电压等级的确定,与电源布点、负荷中心的位置,国家经济及科学技术的发展水平以及电力设备的制造水平等因素有关,应该经过充分的分析论证,由国家主管部门确定。我国现阶段各种电力设备的额定电压分为三类。

表 1-1 第一类额定电压 (单位: V)

直 流	交 流	
	三 相	单 相
6		
12		12
24		
	36	36
48		

第一类额定电压为 100V 以下 (见表 1-1), 这类电压主要用于安全照明、蓄电池及开关设备的操作电源。交流 36V 电压, 只作为潮湿环境的局部照明及其他特殊电力负荷之用。

第二类额定电压高于 100V, 低于 1000V (见表 1-2), 这类电压主要用于低压三相电动机及照明设备。表中括号内的电压, 只用于矿井下或其它安全条件要求较高之处。

表 1-2

第二类额定电压

(单位: V)

受电设备			发电机		变 压 器			
直 流	三相交流		直 流	三相交流	三 相		单 相	
	线电压	相电压			一次绕组	二次绕组	一次绕组	二次绕组
110	(127)		115	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	220	127	230	230	220	230	220	230
	380	220	400	400	380	400	380	
440								

第三类额定电压高于 1000V (见表 1-3), 这类电压主要用于发电机、变压器、输配电线路及受电设备。输配电线路的额定电压与受电设备的额定电压规定得相同, 因为受电设备需要接在线路上, 而线路运行时又有电压损耗, 一般线路首端电压高而末端

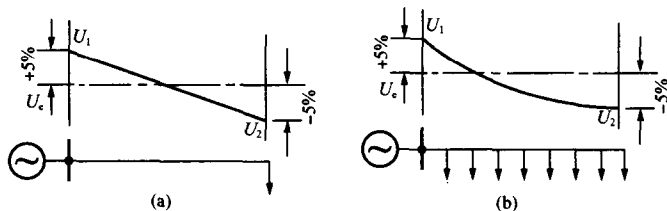


图 1-2 电压沿线长度的分布

(a) 带集中负荷; (b) 带分布负荷

电压低, 如图 1-2 所示。负荷变化时, 线路中电压损耗也随着变化, 因而电压分布沿线路长度各不相同。要使接于线路各处的受电设备都保持在额定电压下运行是不可能的, 只能使加于受电设备的端电压与额定电压尽可能的接近。用电设备的端电压一般容许在其额定电压 $\pm 5\%$ 以内变化, 而线路全长的电压损耗一般应不大于额定电压的 10%, 这样, 在运行时线路首端电压最好比额定电压高 5%, 末端电压才可能不低于额定电压的 5%。所以, 一般取线路首末两端电压的平均值等于受电设备的额定电压, 才能基本上满足上述要求。

表 1-3

第三类额定电压

(单位: kV)

受电设备	线路平均额定电压	交流发电机	变 压 器	
			一次绕组	二次绕组
3	3.15	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
		13.8	13.8	
		15.75	15.75	
		18	18	
35	37		35	38.5
(60)	(63)		(60)	(66)
110	115		110	121
(154)	(162)		(154)	(169)
220	230		220	242
330	345		330	363
500	525		500	550
750	787		750	825

- 注 1. 表中所列均为线电压;
 2. 括号内的电压仅用在特殊地区;
 3. 水轮发电机容许采用非标准额定电压;
 4. 受电设备及线路额定电压增加 $\pm 500\text{kV}$ 直流, $\pm 800\text{kV}$ 直流, 1000kV 交流。

在电力系统内, 应尽可能的简化电压等级, 减少变电层次, 以节约投资与降低运行费用。各级额定电压间的级差不宜太小, 根据国内外经验, 额定电压在 110kV 以下的配电网, 电压间级差一般应在三倍以上; 额定电压在 110kV 以上的输电网, 电压间级差一般应在两倍以上。

发电机是输出电能的设备, 总是接在线路的首端, 所以发电机的额定电压规定得比线路额定电压高 5%, 用公式表示为

$$U_{Fe} = 1.05U_e \quad (1-1)$$

式中 U_{Fe} ——发电机额定电压 (kV);

U_e ——线路或受电设备的额定电压 (kV)。

例如, 线路的额定电压为 10kV 时, 接在线路首端的发电机的额定电压应为 10.5kV。对于大型发电机, 其额定电压不受线路额定电压等级的限制, 一般按技术经济条件确定。如表 1-3 中交流发电机的额定电压有 13.8kV、15.75kV、18kV 等几种。

变压器的额定电压为各绕组的电压值。一次绕组是接受电能的, 若为降压变压器, 则相当于受电设备, 因此, 其额定电压等于受电设备的额定电压; 若为升压变压器, 则直接与发电机相连, 其额定电压等于发电机的额定电压。变压器的二次绕组是输出电能的, 相当于发电机, 其额定电压应比线路额定电压提高 5%。由于变压器二次绕组的额定电压是指空载时的值, 当变压器带负荷运行时, 电流在绕组中产生电压损耗, 为了使二次绕组在带额定负荷时实际输出电压仍高于线路额定电压 5%, 考虑绕组中的电压损耗, 变压器二次绕组额定电压应比同级线路额定电压提高 10%。只有对于高压侧电压小于 35kV 而阻抗小的变压器 [$U_d(\%) \leq 7.5$]、二次所供线路较短的变压器、以及三绕组变压器连接同步调相机的绕组等, 额定电压可只比所连线路的额定电压提高 5%。

需要指出的是, 额定电压是标明设备或线路技术特性的重要参数, 不是设备运行时外加的实际电压。在近似计算中, 有时要用到线路平均额定电压, 如表 1-3 所列。线路平均额定电压为线路两端变压器额定电压的代数平均值。

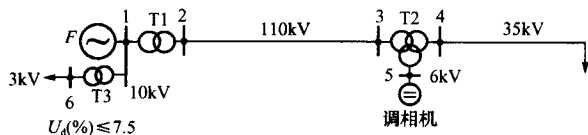


图 1-3 例题 1-1 附图

【例 1-1】 有一电力系统, 接线如图 1-3 所示。各线路的额定电压, 发电机、调相机的电压等级, 注明于图中, 试确定图中变压器高低压侧的额定电压。

解 升压变压器 T1 的一次绕组, 直接与发电机连接, 额定电压为 10.5kV;

T1 的二次绕组, 连接 110kV 线路, 额定电压为 121kV。

降压变压器 T2 为三绕组变压器, 一次绕组为 110kV; 二次绕组额定电压为 38.5kV; 三次绕组接电压等级为 6kV 的调相机, 额定电压为 6.3kV。

降压变压器 T3 高压侧电压小于 35kV, 短路电压 $U_d(\%) \leq 7.5$, 所以, 二次绕组额定电压为 3.15kV; 一次绕组接于发电机电压母线, 额定电压为 10.5kV。

二、各级电压电力网的供电范围

在输电距离和输送功率一定的条件下, 电力网的电压等级愈高, 则导线中电流就愈小, 电力网中功率损耗或电能损耗也就愈小, 并且可以采用较小截面的导线。但是, 电压等级愈高, 电力网的绝缘费用就愈高, 杆塔、变电所的构架尺寸增大, 投资就要增加。因此, 对应

一定的输电距离和输送功率，有一个在技术、经济上均较合理的电压。

选择电力网电压时，应根据输送容量和输电距离，以及周围电力网的额定电压情况，拟定几个方案，通过经济技术比较确定。如果两个方案的技术经济指标相近，或较低电压等级的方案优点不太明显时，应采用电压等级较高的方案。各级电压电力网的经济输送容量、输送距离与适用地区，参照表 1-4 所列。

表 1-4 各级电压电力网的经济输送容量、输送距离与适用地区

额定电压 (kV)	输送容量 (MW)	输送距离 (km)	适用地区
0.38	0.1 以下	0.6 以下	低压动力与三相照明
3	0.1~1.0	1~3	高压电动机
6	0.1~1.2	4~15	发电机电压、高压电动机
10	0.2~2.0	6~20	配电线路、高压电动机
35	2.0~10	20~50	县级输电网、用户配电网
110	10~50	30~150	地区级输电网、用户配电网
220	100~200	100~300	省、区级输电网
330	200~500	200~600	省、区级输电网、联合系统输电网
500	400~1000	150~850	省、区级输电网、联合系统输电网
750	800~2200	500~1200	联合系统输电网
1000	2000~5000	800~2200	国家级联合电力系统

第四节 电力网的接线方式

为了满足电力系统与用户的基本要求，在选择电力网的接线方式时，应考虑以下几个方面的要求：

- (1) 必须保证系统运行和供电的可靠性；
- (2) 必须能灵活地适应系统各种可能的运行方式；
- (3) 应力求节约设备和材料，减少投资与运行费用；
- (4) 应保证在各种运行方式下，运行人员能安全地操作。

根据对供电可靠性的要求，一般将电力负荷分为三级，即：

一级负荷为重要负荷。如对此类负荷中断供电，将造成人们生命危险，设备损坏，打乱工厂产品的生产过程并使大量产品报废，给国民经济造成重大损失，使市政生活中的要害部门发生混乱。对于一级负荷必须由两个或两个以上的独立电源供电。凡不因其它电源停电而影响本身供电的电源，称为独立电源。

二级负荷为比较重要的负荷。如对此类负荷中断供电，将造成工厂大量减产，工人窝工以及城市中大量居民的正常生活受到影响等。对二级负荷可由两个独立电源供电或采用一回专用线路供电，具体供电方式应通过技术经济比较确定。

三级负荷为一般负荷。对三级负荷的供电要求，不作特殊规定。

按照上述要求，电力网的接线方式一般分为一端电源、两端电源和多端电源供电的电力网。

一、一端电源供电的电力网

一端电源供电网又称为开式网，系指电力网中的用户或变电所，只能从一个方面取得电

能的电力网。接线方式有：放射式、干线式、树枝式等类型，如图 1-4 所示。

一端电源供电网的特点是：接线简单、经济、运行方便，供电可靠性较低。放射式接线又称为用户专用线，可用于给容量大的三级负荷或一般二级负荷供电。这种接线在运行时的电压质量与供电可靠性等，不受其它用户负荷的影响。干线式接线与树枝式接线，负荷点多，由于运行时各负荷的随机变动，对电压质量及供电可靠性等有影响。为了提高干线式与树枝式接线的供电可靠性，可以在干线或分支的适当地方，加装分段开关或熔断器，以提高供电的可靠性和检修的灵活性。

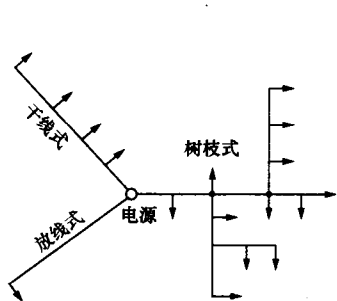


图 1-4 一端电源供电网

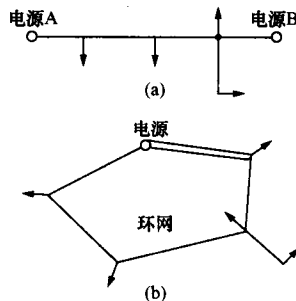


图 1-5 两端电源供电网及环网

(a) 两端电源供电网；(b) 环网

二、两端电源供电的电力网

两端电源供电网系指电网中的用户或变电所，可以从两个电源取得电能的电力网，如图 1-5 所示。环形网和双回路电网是两端电源电压相量相等的两端电源供电网。这类电力网接线简单，运行、检修灵活，供电可靠性高。电力系统网架和向一级负荷或重要二级负荷供电的电网，常采用这种接线方式。

在环形网或双回路接线中，电源侧必须接在两个独立电源上即接在两个发电厂或同一电厂由两台发电机供电的不同母线段。

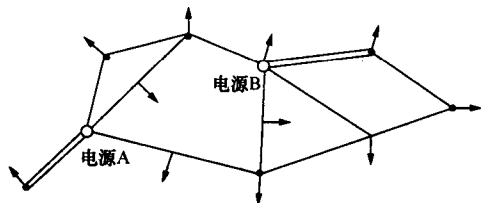


图 1-6 多端电源供电网

三、多端电源供电的电力网

多端电源供电网又称为复杂网。复杂网中包含有能从三个或三个以上方面取得电能的变电所或负荷点，如图 1-6 所示。多端电源供电网供电可靠性高，运行、检修灵活，但是，投资大，继电保护、运行操作复杂。这类电网主要用于电力系统网架接线，以加强电力系统发电厂之间及

发电厂与枢纽变电所之间的联系。供用电网络，一般不采用复杂网的接线形式。

习 题

- 1-1 现代主要用于发电的一次能源有哪些？电力系统、电力网各包括什么内容？
- 1-2 为什么要采用高压输电，低压配电的方式？不断扩大电力系统有什么优越性？
- 1-3 电力系统运行的特点是什么？对电力系统有什么要求？
- 1-4 为什么要规定各类电气设备的额定电压？试标出图 1-1 所示电力系统中各变压器的额定电压？

1-5 判定图 1-7 所示的三绕组变压器，哪些是升压变压器？哪些是降压变压器？

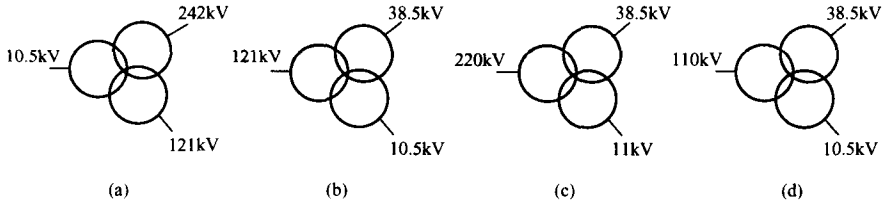


图 1-7 习题 1-5 附图

1-6 试确定图 1-1 中各种电压的输、配电线路的经济输送容量和输送距离及适用地区。

1-7 电力网的接线方式分为几种类型？各有什么优缺点？

1-8 电力负荷按供电可靠性的要求，分为几类？各有什么要求？