

高职高专机电类专业规划教材

DIANLI XITONG JICHU

电力系统基础

罗云霞 李 燕 主编
陶雪梅 主审



黄河水利出版社

高职高专机电类专业规划教材

电力系统基础

主 编	罗云霞	李 燕
副主编	郑 静	张 强
主 审	陶雪梅	

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是高职高专机电类专业统编教材,是根据全国水利水电高职高专教研会制定的《电力系统基础》课程教学大纲编写完成的。本书以 110 kV 及以下电压等级的电网为主要对象,主要包括:电力系统的基本概念、电力系统和电力网的结构、架空电力线路的计算、电力系统的简单潮流计算方法、电能损耗计算方法、电力系统的电压和频率等电能质量控制方式、电力系统稳定问题的基本概念、农村电网规划的一般方法、直流输电的基本原理等。

本书主要适用于高职高专发电厂及电力系统等专业(三年制)《电力系统基础》或《电力系统分析》等课程的教学,也可供成人高等教育相关专业的师生使用,同时还可供从事电力工程类专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统基础/罗云霞,李燕主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.1(2010.11 重印)

高职高专机电类专业统编教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 538 - 1

I. 电… II. ①罗…②李… III. ①电力系统 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 008326 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwp@126.com
简 群 66023343 w_jq001@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13

字数:300 千字

印数:4 101—8 100

版次:2009 年 1 月第 1 版

印次:2010 年 11 月第 2 次印刷

定价:24.00 元

前 言

本书是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》、《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,由全国水利水电高职教研会组织编写的机电类全国统编教材。

本书的编写大纲是由 2007 年 12 月在厦门召开的全国水利水电高职高专机电类专业教材编写工作会议讨论确定的。

电力系统课程是高职高专发电厂及电力系统等强电类专业的核心专业课,是其他专业课(发电厂电气部分、电力系统继电保护、电力系统自动装置等)的学习基础。

本书是在分析现有高职高专学生就业岗位群及其职业素质和能力要求的基础上编写的,力求结合实际、注重实用;减少计算、图文并茂;注重于高职高专学生的学习习惯,正面叙述、语言简练。教材内容围绕本课程的教学目标,让学生掌握电力系统的基本概念、电力系统的简单潮流计算以及电力系统运行调整的基本原理和方法;同时尽可能让学生了解电力系统的全貌,如 DSM(电力需求侧管理)、农网电网规划、高压直流输电等的基本知识。

本书编写人员及编写分工如下:浙江水利水电专科学校罗云霞编写第一章、第九章;河北工程技术高等专科学校李燕编写第二章、第四章;沈阳农业大学高等职业技术学院王维编写第三章;四川水利职业技术学院郑静编写第五章、第七章;重庆水利电力职业技术学院侯德明编写第六章;湖北三峡电力职业技术学院张强编写第八章、第十章。本书由罗云霞、李燕担任主编,罗云霞负责统稿;由郑静、张强担任副主编。

本书承浙江大学陶雪梅博士主审,在此表示感谢!

由于编者水平有限,错误及不当之处在所难免,恳请广大师生、读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

前 言

第一章 电力系统基本概念	(1)
第一节 电力系统概述	(1)
第二节 电能生产的特点	(3)
第三节 电力系统运行的基本要求	(4)
第四节 电力系统的发展及形成大型电力系统的优点	(5)
第五节 电力网	(8)
第六节 电力系统额定频率和电气设备额定电压	(11)
第七节 电力系统的运行状态和中性点接线方式	(13)
习 题	(18)
第二章 电力线路基本知识及机械计算	(19)
第一节 电力线路的基本结构	(19)
第二节 架空线路的机械计算	(29)
第三节 架空线路的应力弧垂和线长	(32)
第四节 导线的状态方程式	(34)
第五节 临界档距	(36)
第六节 导线应力弧垂特性曲线	(41)
第七节 导线安装曲线	(43)
第八节 导线的振动和防振	(45)
习 题	(52)
第三章 电力网元件参数及等值电路	(53)
第一节 架空电力线路的参数	(53)
第二节 架空电力线路的等值电路	(57)
第三节 电力变压器的等值电路和参数	(58)
习 题	(65)
第四章 电力系统潮流计算	(67)
第一节 电力系统的等值电路	(67)
第二节 电力网中的功率损耗	(72)
第三节 电力网中的电压计算	(75)
第四节 开式电力网潮流分析	(77)
第五节 简单闭式网络的潮流分析	(84)

第六节 复杂电力系统的潮流计算	(92)
习 题	(106)
第五章 电力系统有功功率平衡及频率调整	(108)
第一节 电力系统频率调整的必要性	(108)
第二节 电力系统有功功率平衡	(109)
第三节 电力系统负荷及负荷曲线	(109)
第四节 电力系统有功电源及其备用	(113)
第五节 频率特性	(114)
第六节 电力系统频率调整	(120)
习 题	(127)
第六章 电力系统无功功率平衡及电压调整	(128)
第一节 概 述	(128)
第二节 电力系统无功功率和电压的关系	(129)
第三节 电力系统无功功率平衡	(130)
第四节 电力系统电压调整	(136)
习 题	(146)
第七章 电力网电能损耗计算	(147)
第一节 概 述	(147)
第二节 电力网电能损耗的实用计算方法	(147)
第三节 降低电力网电能损耗的措施	(153)
习 题	(156)
第八章 电力系统稳定运行	(158)
第一节 概 述	(158)
第二节 电力系统运行的静态稳定性	(158)
第三节 电力系统运行的暂态稳定性	(161)
第四节 提高电力系统稳定性的措施	(165)
习 题	(169)
第九章 农村电网规划	(170)
第一节 农村电网概述	(170)
第二节 农村电网规划概述	(171)
第三节 负荷预测方法	(174)
第四节 电源规划方法	(176)
第五节 农村电网规划方法	(176)
第六节 架空配电线路导线截面选择	(178)
第七节 方案经济技术比较	(180)
习 题	(182)

第十章 直流输电的基本知识	(183)
第一节 概 述	(183)
第二节 直流输电基本工作原理	(185)
习 题	(189)
附录1 气象区	(190)
附录2 常用电气参数	(192)
参考文献	(200)

第一章 电力系统基本概念

内容提要

本章介绍的主要内容有:什么是动力系统、电力系统、电力网;电力系统、电力网的接线方式及电力网结构;电能生产的特点及对电力系统的基本要求;形成大型电力系统的优点;电力网及电气设备的额定电压;电力系统的运行状态及其中性点的接地方式。

第一节 电力系统概述

电能是各行各业生产建设和居民生活的主要能源。自然界的一次能源(煤、气、水能、风力、潮汐以及生物能等)通过发电动力装置(主要包括锅炉、汽轮机、发电机及电厂辅助生产系统等)转化成电能,然后经过输电、变电及配电系统将电能供应到各负荷中心,通过各种设备再转换成动力、热、光等不同形式的能量,为地区经济和人民生活服务。将发电厂中的发电机和用电设备,用升压和降压变压器、输电和配电线路等连接起来的统一整体,称为电力系统,图 1-1 所示为电力系统示意图。

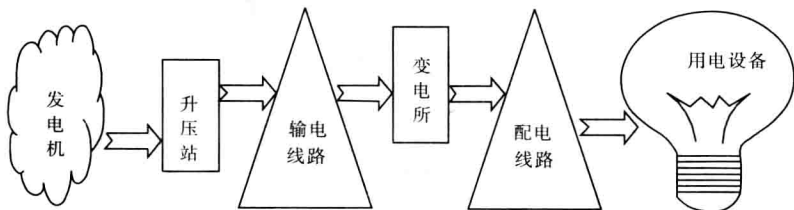


图 1-1 电力系统示意图

电力系统加上各种能源发电厂的动力部分(如火电厂的汽轮机、锅炉等;水电厂的水轮机、水库等),称为动力系统。

电力系统中除去发电机和用电部分后的整体称为电力网。电力网包括各种变压器和电力线路,起输送和分配电能的作用。

电力系统要实现其功能,还需要在各个环节和不同层次设置相应的信息与控制系统,对电能的生产和输送过程进行测量、调节、控制、保护、通信和调度,确保安全、经济、优质地发电、供电和用电。

上述由发电、输电、变电、配电等环节构成的系统通常称为一次系统。电力系统中的继电保护装置、安全自动装置、调度自动化系统和电力通信等相应的辅助系统称为二次系统。

电力系统中所有用电设备消耗的功率称为电力系统的负荷。电力系统的负荷包括有功功率和无功功率。电力系统的负荷随时间不断变化,具有随机性,其变化情况常用负荷曲线来表示。

电力系统常用电力系统电气接线图和电力系统地理接线图。

电力系统电气接线图是指表示电力系统中各电力元件(用电气符号表示)之间的电气联系的电路图。如图 1-2 所示为简单的动力系统、电力系统和电力网的电气接线图。

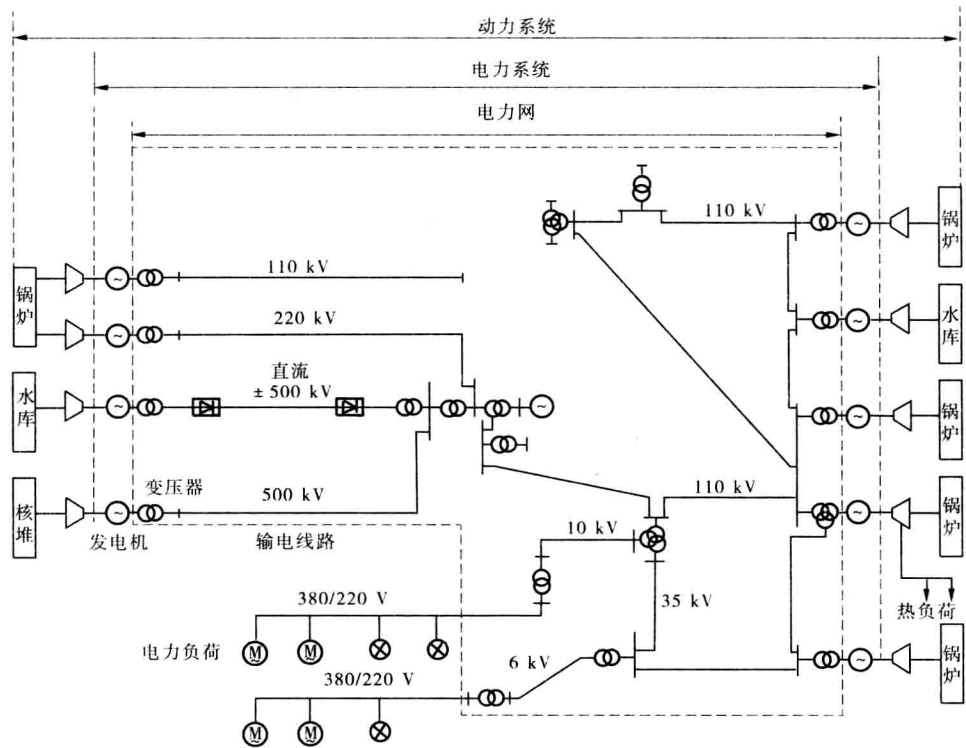


图 1-2 动力系统、电力系统和电力网电气接线图

说明:在交流电力系统中,发电机、变压器和输配电设备都是三相的。正常运行的电力系统三相对称,为简单起见,常用单线图表示三线。电力系统电气接线图都是画成单线的。

电力系统地理接线图是指按比例显示电力系统中各发电厂和变电所的相对地理位置,反映各条电力线路按一定比例的路径以及它们相互间的连接的接线图,如图 1-3 所示。

电力系统电气接线图能完整地显示电力系统中各电力元件之间的电气连接情况。电力系统地理接线图能反映各发电厂和变电站的相对地理位置、线路走向等。两个图通常配合使用。

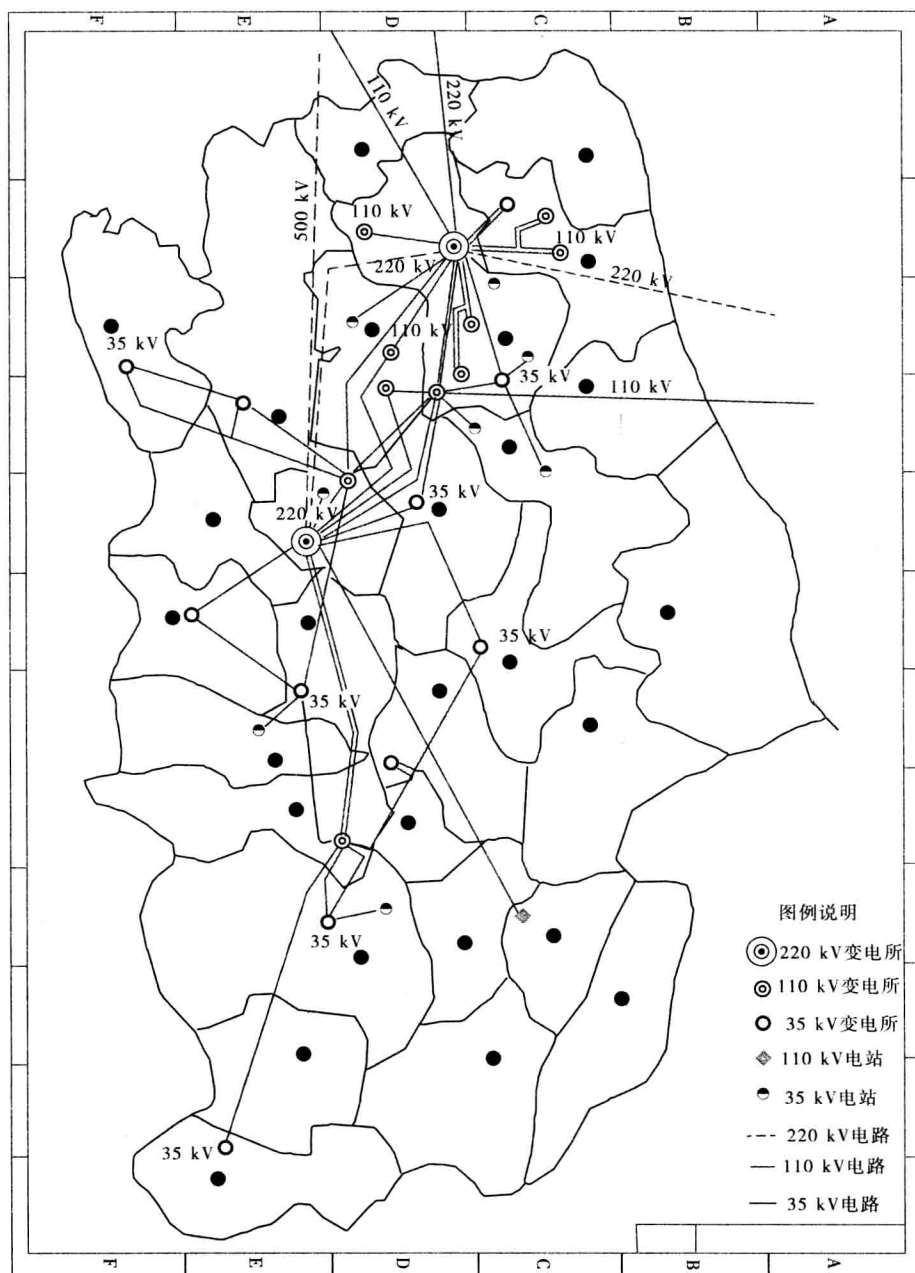


图 1-3 电力系统地理接线图

第二节 电能生产的特点

电能的生产、输送、分配和使用过程有自己的特点,主要体现在快速性、重要性和同时性等方面,具体如下:

(1) 电能不能大量储存。电能的生产、输送、分配和消费是在同一时间完成的。在任何时刻,电力系统中所有电力网的发电厂发出的功率之和必须等于所有用电设备所消耗的功率之和(包括厂用电以及电力网的功率损耗)。电能不能大量储存,即发电、供电和用电的同时性,是电能生产的最大特点。

(2) 电能生产与国民经济各部门和人民生活有着极密切的关系。国民经济各部门以及人民生活都广泛使用电能,电能具有极其重要性。中断或减少电能供应将影响国民经济的各个部门,造成巨大的损失。

(3) 过渡过程十分迅速。电能的传播速度接近于光速。电力系统从一种运行方式转换到另一种运行方式所引起的电磁和机电方面的变化过程也十分迅速。电力系统中的设备投入或切除操作瞬时完成;电力系统中的故障,如线路发生短路故障、并联的发电机失去稳定等,变化过程十分短暂。所以,必须采用各种自动装置来迅速而准确地进行各项调整和操作。电力系统的这个特点给运行和操作带来许多复杂的课题。

(4) 另外,电力系统的地区特点较强。电力系统的电源结构与资源分布及特点有关;某地区的负荷结构与当地的工业布局、城市规划以及电气化水平等有关;输电线路的电压等级、线路配置等和电源负荷之间的距离、负荷的集中程度等因素有关,因此各地电力系统的组成不尽相同。

第三节 电力系统运行的基本要求

从电能生产的特点出发,对电力系统的运行有以下基本要求。

一、保证供电的安全可靠性

保证安全可靠地发电、供电是对电力系统运行的首要要求。供电中断将造成生产停顿、生活混乱,甚至危及人身和设备安全等。电力系统的安全性表征电力系统在发生事故的情况下短时间内维持持续供电的能力。电力系统的可靠性则是电力系统向用户长时间不间断持续供电的概率指标,属于电力系统规划设计的范畴。

尽管要求电力系统安全可靠地运行,但实际电力系统运行时,停电总是难以绝对避免的。为此,根据用电负荷对供电可靠性的要求不同,将负荷分级。目前,我国将负荷分为以下三级:

(1) 第一级负荷。对这类负荷中断供电将造成极为严重的后果,如危及人身安全、使工业生产中的关键设备遭到难以修复的损坏、生产秩序长时间不能恢复正常、造成国民经济重大损失、使市政生活的重要部门发生混乱等。

(2) 第二级负荷。对这类负荷中断供电将造成大量减产、使人民生活的正常活动受到影响等后果。

(3) 第三级负荷。不属于第一级、第二级的负荷,如工厂的附属车间、小城镇和农村的公共负荷等。对这类负荷的短时供电中断不会造成重大的损失。

将负荷分级以后,对不同级别的负荷可以采取不同的技术措施,以满足它们对供电可靠性的要求,如一级负荷采用闭式网供电,当供电不足时首先中断对第三级负荷的供电等。

二、保证良好的电能质量

电能质量的基本指标是电压、频率和波形。良好的电能质量包括以下几个方面:

(1)电压正常。电压偏离额定电压应不超过一定范围。我国用户供电电压的允许偏移一般为额定值的 $\pm 5\%$ 。

(2)频率正常。我国采用的额定频率为 50 Hz,正常运行时允许的偏移为 ± 0.2 Hz(大系统)或 ± 0.5 Hz(小系统)。

(3)电压和电流的波形为标准的正弦波,不应产生大的畸变。

(4)三相交流系统的电压、电流对称。

额定电压和频率是电气设备设计和制造的基本技术参数。电力系统运行时,若电压和频率超出允许偏移,不仅会造成废品和减产,还会影响用电设备的安全,严重时甚至会危及整个系统的安全运行。因此,电力系统的电压和频率超出允许偏移时,要采取适当的电压调整和频率调整手段。这些具体内容将在后面章节中详细介绍。

三、保证电力系统运行的经济性

电力系统运行的经济性指标包括:发电厂的煤耗率(或水耗率)、厂用电率和电力网的损耗率。

提高电力系统运行的经济性,要求在电能的生产、输送和分配过程中减少耗费,提高效率,同时也要求用户采用高效率低损耗的用电设备。

总之,安全可靠、优质、经济地发电和供电是对电力系统运行的基本要求。但是,这些要求是相互联系和制约的:一个供电不安全可靠的电力系统谈不上优质和经济;电能质量低下的电力系统既不安全也不经济;片面地追求经济可能会因影响电能质量和运行安全。因此,对于一个具体的电力系统,应结合负荷的性质,全面衡量、统筹兼顾三方面的要求。合理的做法是:在安全可靠的前提下,保证质量,力求经济。

第四节 电力系统的发展及形成大型电力系统的优点

一、电力系统的发展

(一)国外电力系统的发展情况

1831 年,法拉第发现电磁感应定律后,出现了交流发电机、直流发电机和直流电动机及直流输电。当时输送的只是 100~400 V 的低压直流电,输送的距离很短,仅作照明用电。

1882 年,第一次出现输电线路。法国科学家德普勒将 1 500~2 000 V 直流电从密斯巴赫水电站送到慕尼黑,距离为 57 km,输送功率约 2 kW。

1883 年,出现了 6 000 V、112 km、200 kW 的高压直流输电试验。

随着输送功率和距离的增加,要求送电的电压不断提高,而直流发电机和电动机遇到换向和绝缘的困难,促使人们注意交流电的应用。

1885 年,在制成单相变压器的基础上,实现了单相交流输电。

1891 年,在制成三相异步电动机和三相变压器的基础上,实现了三相交流输电。同年,实现了 175 km、200 kW、15 kV 的三相交流输电。这一成就奠定了现代化电力工业的基础技术。三相交流制很快显示出了优越性,代替了直流制。

1952 年,瑞典首先建成了 380 kV 超高压输电线路,全长 620 km,输送功率 45 万 kW。

1956 年,苏联从古比雪夫到莫斯科的 400 kV 线路投入运行,全长 1 000 km,并于 1959 年升至 500 kV,首次使用 500 kV 输电。

1965 年,加拿大首先建成 735 kV 的输电线路。

1969 年,美国实现了 765 kV 的超高压输电。

随着交流电力系统的不断扩大,系统中同步发电机并列运行的稳定性问题日益严重,交流电缆的输送容量又受到充电电流的限制。1960 年,出现可控硅换流技术,高压直流输电技术得到进一步发展。高压直流输电在远距离输电、海底电缆送电和交流系统间的非同步联系等方面明显优于交流输电。

1965 年,苏联建成 ± 400 kV 的超高压直流输电线路,此后美国、加拿大等国又建成 ± 500 kV 直流输电线路。

1985 年,苏联建成 ± 750 kV 线路,输送距离 2 400 km,输送功率 600 万 kW,是当时世界上规模最大的超高压直流输电。

实现超高压输电需要解决许多技术课题,如绝缘强度、过电压、电晕放电等。目前超高压输电技术已经成熟,并为许多国家普遍采用。世界上出现了许多超高压交、直流输电的大型电力系统。

(二)我国电力工业的发展情况

1882 年,在上海由英国人建立了第一个发电厂。

1949 年,新中国成立,全国发电设备总容量 185 万 kW,年发电量 43 亿 kWh,分别居世界第 21 位和第 25 位。

1957 年,第一个五年计划完成时,发电设备总容量 464 万 kW。1962 年,第二个五年计划完成时,发电设备总容量 1 300 万 kW。1978 年底,发电设备总容量为 5 712 万 kW,年发电量 2 566 亿 kWh,分别跃居世界第 8 位和第 7 位。1987 年底,发电设备总容量 1 亿 kW,年发电量 4 960 亿 kWh,居世界第 6 位。从 1996 年底开始一直稳居世界第 2 位。

1972 年,我国首先应用了 330 kV 输电;1981 年,首次建成 500 kV 输电线路;1989 年,第一条 ± 500 kV 直流输电线路——葛洲坝—上海线路投入运行。截至 2004 年底,全国电网建设 220 kV 及以上输电线路达到 22.8 万 km,变电容量达到 7.12 亿 kVA。全国电网基本形成较为完备的 330/500 kV 主网架,随着国家电网公司 750 kV 输变电示范工程的投产,电网最高运行电压等级已经提高到 750 kV。

2002 年,我国电力体制改革,电网环节分别设立了国家电网公司和中国南方电网有限责任公司,电网主网架如图 1-4 所示。国家电网公司包括华北、东北、华东、华中和西北 5 个区域电网公司。南方电网公司经营范围包括广东、广西、云南、贵州、海南等。根据国家电网公司网站数据至 2006 年底各电网装机容量情况如表 1-1 所示。

由于我国能源资源和电力负荷分布的不均衡,国家提出了“西电东送”、全国联网工

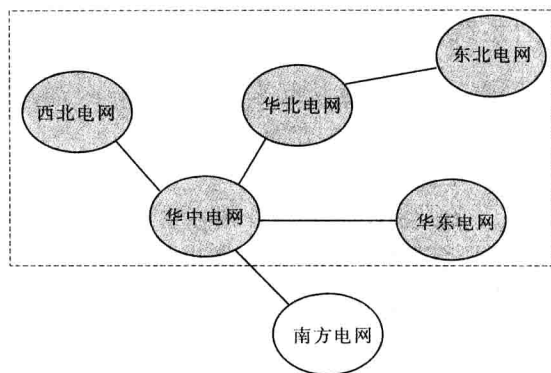


图 1-4 我国电网主网架(虚线框中为国家电网)

程。这对调剂电力余缺、缓解电力供应紧张和促进资源优化配置起到重要作用。“西电东送”的重点在于输送水电能,适度建设燃煤电站。目前,“西电东送”已进入全面实施阶段,至 2005 年,除海南外我国已经初步实现了全国联网。

表 1-1 至 2006 年底我国各区域电网装机容量及分类构成

电网名称	2006 年底统调装机容量(MW)				
	总容量	火电	水电	核电	其他
国家电网	435 867	355 400	75 403.5	0	5 063.5
华北电网	118 780	115 500	3 280	0	0
东北电网	41 360	35 250	5 740	0	370
华东电网	128 970	109 900	14 870	0	4 200
华中电网	91 080	62 840	28 240	0	0
西北电网	42 890	29 200	13 310	0	380
南方电网	10 195	6 274	3 298	378	245

表 1-1 中的“其他”一栏包括风电、生物质能等可再生能源。近年来,可再生能源得到大多数国家的高度重视,许多国家制定了支持可再生能源发展的法律和优惠政策,可再生能源成为世界能源中发展最快的领域。目前,水电已是能源供应体系中的重要组成部分;风电、太阳能、生物质能技术基本成熟,正处于快速发展时期;生物液体燃料对替代石油、发展农业经济的作用日益显著。我国有丰富的可再生能源资源,在水电、沼气、太阳能利用方面已取得了显著成效,近年来加快了风电、生物液体燃料和太阳能发电的发展,开发利用可再生能源已成为我国缓解能源供需矛盾、减轻环境污染、调整能源结构、转变经济增长方式和促进社会主义新农村建设的重要途径。在“十一五”时期,我国将继续大力发展水电,加快发展生物质能、风电和太阳能,加强农村可再生能源的开发利用,逐步提高可再生能源在能源供应中的比重,为更大规模地开发利用可再生能源创造条件。2005 年《可再生能源法》的颁布,标志着我国可再生能源发展进入了一个新的历史阶段。

二、形成大型电力系统的优点

各孤立运行的发电厂通过电力网连接起来,形成并联运行的电力系统。这在技术经济上带来很多好处,归纳起来有以下几个方面。

(一) 提高供电可靠性和电能质量

通常孤立运行的发电厂必须装设一定的备用容量(一般为总容量的 10% ~ 15%,且不小于最大一台机组的容量),以防止机组检修或事故时中断对用户的供电。如果形成电力系统,则备用机组台数较多,同时发生故障的机会很少;而且个别机组故障时对系统的影响也比较小,因此提高了供电的可靠性;形成电力系统后容量增大,则个别机组和负荷的变动不会引起电压和频率的显著变化,因而电能的质量也有所改善。

(二) 合理利用能源,提高运行的经济性

水力发电厂、火力发电厂、潮汐电站、热能站、核电站以及风力发电厂等各种能源的发电机在大型电力系统中并列运行,可以合理地利用各种能源。例如,河流的天然流量与降水量有关,一般夏季为丰水期,冬季为枯水期。若一个水电厂孤立运行,丰水期可能弃水,枯水期可能来水过少而发电量减少。水力发电厂并入电力系统后,丰水期可以让水力发电厂尽量多发电,让火力发电厂少发电。这样,既充分利用了水力资源,又降低了火力发电厂的煤耗量;既降低了电能成本,又提高了运行的经济性。

核能发电厂的特点是基建投资大而运行费用低。核电站既不受气候的影响,也不受燃料运输条件的限制,但其允许负荷波动小。因此,只有在大型电力系统中才有可能得以运行。

(三) 减少系统的总装机容量

由于地区东西方向有时差,南北方向有季差,所以不同地区的负荷性质、最大负荷出现的时间不同。电力系统的综合最大负荷小于各个发电厂单独供电时各最大负荷的总和,因此形成电力系统可以相应地减少总的装机容量。

(四) 便于安装大型机组

电力系统中单台发电机组的经济装机容量与电力系统总容量及负荷增长速度等因素有关。如一般认为,1 000 万 kW 以上的电力系统中最经济的机组单机容量为系统容量的 6% ~ 10%。机组单机容量小于这个比例不经济,大于这个比例则会造成系统设备运行和检修的困难。因此,形成大型电力系统,增大系统总容量,可以按比例地增大单机容量。大型机组每千瓦设备的投资、生产每度电能的燃料消耗及维护费用都比小型机组少。

第五节 电力网

一、电力网的接线方式

按供电可靠性不同,电力网的接线方式可分为无备用接线和有备用接线两大类。

(一) 无备用接线

在无备用接线的网络中,负荷只能从一个方向获得电能,如图 1-5(a) 所示。无备用

接线的特点是:接线简单、经济、运行方便,但供电可靠性较低,并且当线路较长时,线路末端的电压往往偏低。

(二)有备用接线

在有备用接线的网络中,负荷能从两个或两个以上方向获得电能,如图 1-5(b)所示。常见的有双回路、环形网络、两端供电网络。有备用接线的特点是:供电可靠性较高,但投资较大,运行操作比较复杂。

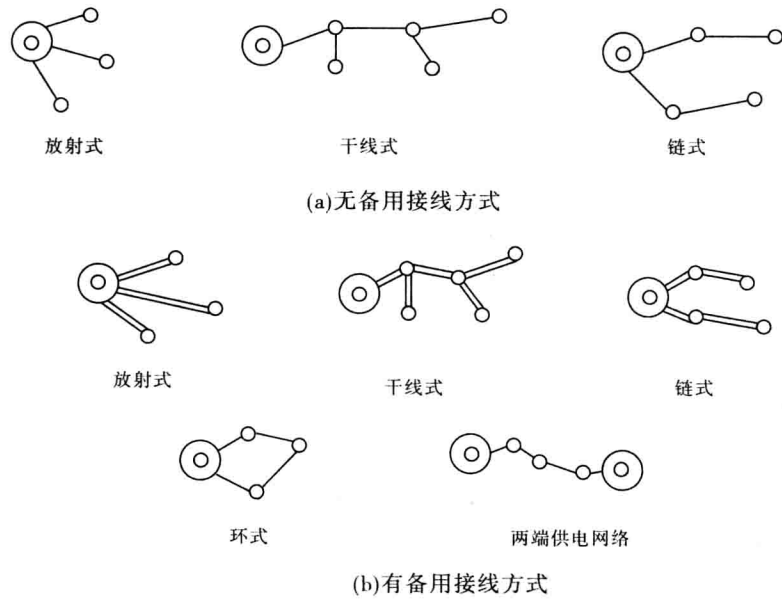


图 1-5 电力网接线方式

二、电力网的额定电压等级

对于三相交流系统,输电线路传输的功率 S 和线电压 U 、线电流 I 之间的关系为

$$S = \sqrt{3} UI \tag{1-1}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} U} \tag{1-2}$$

当输送功率一定时,输电电压越高,电流越小,从而在电力网中产生的电压损耗和电能损耗也越小(详见第四章电力系统潮流计算),且输电导线的截面也可以较小。所以,为了提高电网的输电容量和距离,需要提高输电电压。但电网电压愈高,对绝缘的要求也愈高,电气设备的绝缘投资就愈大。因此,对应一定的输电距离和输送功率,应确定一个在技术上和经济上均较合理的电压;反之,确定一个电压,也对应一个在技术上和经济上合理的输电距离和输送功率。

为了标准化、系列化地制造电力设备,便于电力设备的运行、维护和管理,我国国家标准规定了电力网的额定电压等级(见表 1-2)和电气设备的额定电压(见表 1-3)。经验表明:在同一个地区、同一个电网内电压等级不宜过多。110 kV 及以下,电压级差一般在 3

倍以上;110 kV 以上,电压级差一般在 2 倍左右。选择电力网电压,应根据输电距离和输送功率经过技术经济比较确定。

表 1-2 电力网额定电压等级及其适用范围

额定电压等级 (kV)	经济输送容量 (MW)	经济输送距离 (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、区级输电网和联合系统输电网
500	400 ~ 1 000	150 ~ 850	省、区级输电网和联合系统输电网

三、电力网的分类

(一) 根据接线方式分类

根据接线方式不同,电力网可以分为单端电源供电网(又称为开式网)、两端电源供电网(包括环网)以及多端电源供电网(又称为复杂网)。

(二) 根据电压等级和供电范围分类

根据电压等级的高低和供电范围的大小,电力网可以分为地方电力网、区域电力网以及超高压远距离输电网络。地方电力网一般电压等级小于 110 kV,输送距离一般在几十千米内,主要为一般城市、工矿业、农村配电网;区域电力网一般电压等级为 110 ~ 220 kV,输送距离在几十至几百千米;超高压远距离输电网络电压等级为 330 kV、500 kV 以及 750 kV,它将远距离大容量发电厂的电能送往负荷中心,同时联系几个区域电力网形成联合电力系统。

(三) 根据电力网的职能分类

按其职能不同,电力网可以分为输电网和配电网。

1. 输电网

输电网将大容量发电厂的电能输送到负荷中心地区。其通常由电力系统中电压等级最高的一级或两级电力线路等组成,是电力系统中的主要网络(简称主网),起到电力系统骨架的作用,所以又可称为网架。在一个现代电力系统中既有超高压交流输电,又有超高压直流输电,通常称为交、直流混合输电系统。对输电网的接线方式要求有足够的可靠性。

2. 配电网

配电网的作用是将电能从枢纽变电站直接分配到用户区或用户的电网,它将电力分配到配电变电站后再向用户供电;也有一部分电力不经配电变电站直接分配到大用户,由