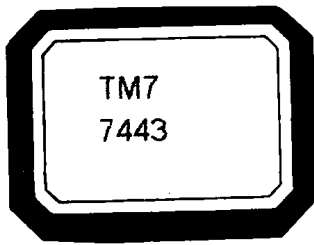


177122



高等学校教材

电 力 工 程

华北电力大学 陈志业 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书主要包括：电力网的参数及等值电路；电力系统稳态分析与计算；短路电流的分析与计算；发电厂、变电所一次系统；发电厂、变电所二次系统；电力系统运行的稳定性。每章后附有复习思考题和习题。

本书作为工科高等院校非电力类专业电力工程课的教材，也可作为电力类专业人员培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力工程/陈志业主编.-北京：中国电力出版社，
1997

高等学校教材

ISBN 7-80125-320-5

I. 电… II. 陈… III. 电力工程-高等学校-教材 IV. TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 04575 号

中国电力出版社出版

(北京三里河路 6 号 邮政编码 100044)

北京鑫正大印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1997 年 10 月第一版 1997 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.25 印张 253 千字

印数 0001—4230 册 定价 10.50 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

本书是根据中国电力企业联合会教育培训部下达的《普通高等学校第四轮前两年(1996~1997年)电力工程、热能动力、水电工程类专业本科教材编审出版计划》的要求,为工科高等院校非电力类专业编写的教材。本教材是“九五”国家级重点教材,其编写大纲是由“全国高校电力工程类专业教学指导委员会发电厂教学组”审定的。

全书共分七章,内容包括电力网等值电路和参数计算;电力系统稳态分析和暂态分析;发电厂和变电所一次系统及二次系统等。每章后均有小结、复习思考题和习题。这些内容旨在使读者对电力方面的基本知识有较全面的了解。

本书的第二、三、四章由华北电力大学杨国旺副教授编写,第五、六章由武汉水利电力大学陈丽华副教授编写,第一、七章由华北电力大学陈志业教授编写,陈志业任主编,太原工业大学赵铭凯教授任主审。

在本书编写过程中,得到华北电力大学及武汉水利电力大学有关领导和教师的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中错误及不妥之处在所难免,望广大读者批评指正。

编 者

1996年10月

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第一节 电力系统概念和组成	1
第二节 发电厂生产过程	3
第三节 电力系统运行特点及要求	6
第四节 电力系统标准电压	7
第五节 电力系统负荷	10
第六节 电力系统接线及中性点接地方式	13
第七节 电力系统高次谐波	15
小结	17
复习思考题	17
第二章 电力网参数及等值电路	18
第一节 输电线路参数及等值电路	18
第二节 变压器参数及等值电路	26
第三节 电力网等值电路	32
第四节 标幺制	35
小结	38
复习思考题	38
习题	39
第三章 电力系统稳态分析与计算	40
第一节 电力网功率损耗与电压计算	40
第二节 开式网潮流计算	46
第三节 潮流计算机算法	50
第四节 电力系统有功功率平衡及频率调整	62
第五节 电力系统无功功率平衡及电压调整	67
小结	80
复习思考题	81
习题	81
第四章 短路电流分析与计算	83
第一节 概述	83
第二节 无限大容量电源供电系统三相短路过渡过程分析	84
第三节 短路回路总阻抗求取	88

第四节	无限大容量电源供电系统三相短路电流计算	97
小结	.....	100
复习思考题	.....	101
习题	.....	101
第五章	发电厂和变电所一次系统.....	102
第一节	概述	102
第二节	电气主接线	103
第三节	电气设备与选择	108
第四节	配电装置一般问题	120
小结	.....	128
复习思考题	.....	129
第六章	发电厂和变电所二次系统.....	130
第一节	二次系统概述	130
第二节	继电保护一般问题	133
第三节	过电流保护	137
第四节	差动保护	141
第五节	变压器继电保护	142
第六节	断路器控制回路	147
第七节	信号回路	150
第八节	发电厂及变电所电气设备控制	152
小结	.....	154
复习思考题	.....	155
第七章	电力系统运行稳定性.....	156
第一节	概述	156
第二节	同步发电机转子运动方程及功角特性	156
第三节	简单电力系统静稳定	158
第四节	提高静稳定措施	162
第五节	简单电力系统暂态稳定	164
第六节	提高暂态稳定措施	170
小结	.....	172
复习思考题	.....	172
习题	.....	173
参考文献	.....	174

第一章 绪 论

第一节 电力系统概念和组成

电力系统是由多个发电设备、输变电设备和用电设备组成的网络，它具有生产、输送、分配和消费电能的功能。

在电力系统中，通常将输送和分配电能的设备——输电线路和变电设备组成的网络称为电力网。电力系统与发电厂的动力设备〔火电厂的热力设备、热力网，水电厂的水力设备，核（原子能）电站的反应堆等〕构成的整体称为动力系统，如图 1-1 所示。

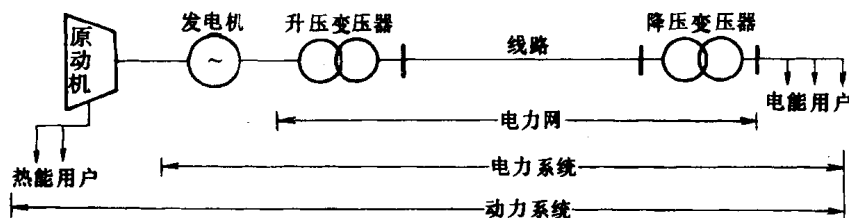


图 1-1 电力网、电力系统和动力系统示意图

电能的生产、输送、分配、消费过程如图 1-2 所示。从发电厂发出的电能，一般经过升压变电所将电压升高后，经输电线路送入电力系统。由于用电设备的额定电压较低，因此电能送到用电地区后要降压。

图 1-3 为一电力系统接线图，它由火电厂、热电厂和水电厂组成。水电厂一般距负荷中心较远，它所生产的电能经变压器升高电压后，由远距离输电线路送入电力系统。热电厂由于要向热力用户供应热能，通常建在负荷中心附近，所生产的电能除供给地方负荷外，通过升压变压器和输电线路与电力系统交换功率。火电厂可以建在负荷中心，也可以建在煤矿附近。建在负荷中心处的火电厂与热电厂一样，除供地方负荷外，通过输变电设备与电力系统交换功率。建在煤矿附近的火电厂称为坑口电厂，通过远距离输电线路向负荷中心供电。从电力系统接线图 1-3 中还可看到，有接收、分配电能并改变电压等级的变电所。变电所 A 采用两台三绕组变压器将三个不同电压等级的线路连在一起，处于一种枢纽地位，称为枢纽变电所。变电所 B 和 C 只给一个局部地区供电，称为终端变电所。

由输电线路和变电所构成的电力网，按其供电范围的大小和电压等级的高低可分为地方电力网、区域电力网和超高压远距离输电网。地方电力网是指电压不超过 35kV、输电距离在几十千米以内的电力网。一般城市、工矿区和农村配电网属于地方电力网。区域电力网是指电压为 110~220kV、供电范围大、联系发电厂较多的电力网。目前，我国大部分省（自治区）的电力网属于区域电力网。超高压远距离输电网是指电压在 330kV 以上，联系几

个区域性电力网形成的跨省（自治区）的电力网。

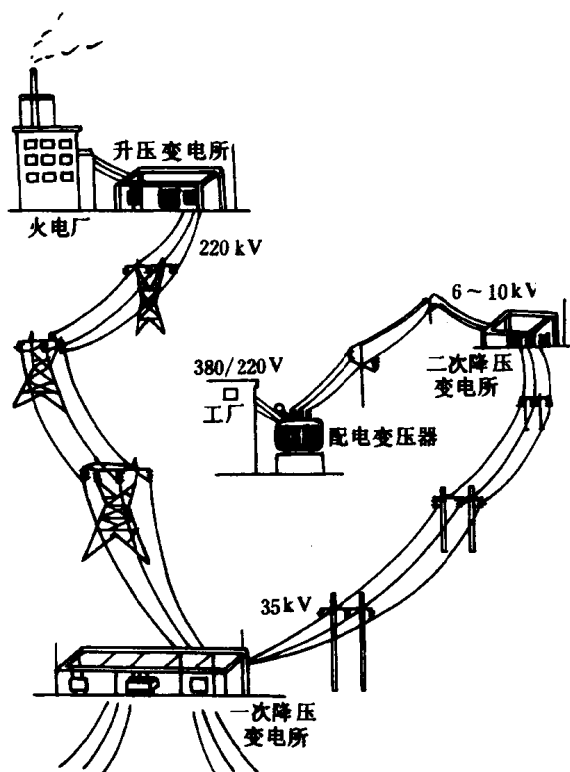


图 1-2 电能的生产—消费过程示意图

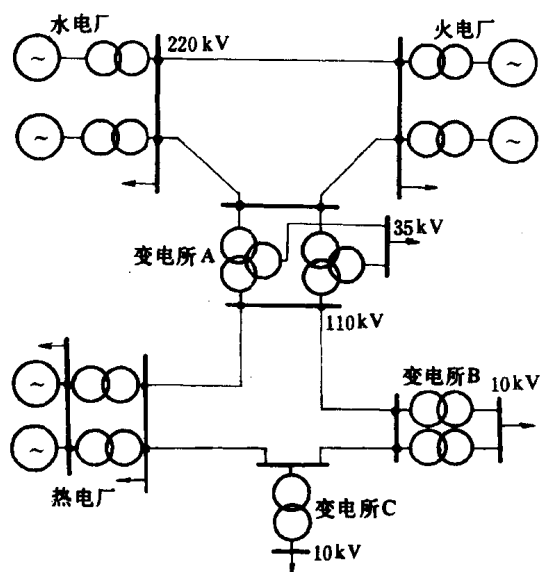


图 1-3 电力系统接线图

为什么要把发电厂互相接成电力系统向用户供电呢？为什么世界各国电力系统的规模越来越大呢？这是因为电力系统规模越大，给人们带来的技术经济效益越大，具体说明如下。

一、可以安装大容量的机组，减少备用容量

一个电力系统允许安装的最大单机容量受电力系统总容量的约束。因为单机容量在电力系统所占比重大了，当机组停运或故障时，可能造成大面积停电，甚至造成电力系统瓦解。因此，电力系统规模越大，允许安装的单机容量也越大。机组容量越大，效率也愈高。另外，由于机组可以互为备用，系统机组愈多，备用容量可以减少。

二、可以合理利用动力资源

水电厂的生产受季节的影响大，如果与火电厂连接成由水、火电厂构成的电力系统，枯水期火电厂多发电，丰水期水电厂多发电，火电厂少发电，安排火电机组检修。另外水电机组启动方便，宜作为调频厂，减少火电机组作调频时的启动煤耗。不难看出，电力系统越大，不仅能合理利用水力资源，而且可以提高火电厂的效率。

三、可以提高供电可靠性

一个大的电力系统装机数量大，单台机组故障对用户供电没有影响或影响不大，而多台机组同时故障或系统瓦解的故障几率是很小的。系统愈大抗干扰能力愈强，供电可靠性愈高。

四、可以提高运行的经济性

除上述可以装大容量机组、合理利用动力资源外，还可以在机组间合理分配负荷，使整个系统在满足用户用电的前提下一次能源消耗最少。系统越大，可以利用地区之间的时间差、季节差减少负荷的最大值，装机容量可以减少。

由于以上原因，世界各国电力系统的规模越来越大，一些经济发达的国家已经形成全国统一的电力系统。我国电力系统发展也很迅速，东北、华北、华中、华东四大电力系统装机容量都在2GW以上。华中与华东已经过±500kV直流输电系统连接成联合电力系统。

第二节 发电厂生产过程

一、火力发电厂

燃烧煤、石油、天然气的发电厂称为火力发电厂，简称火电厂。火电厂的主要设备是锅炉、汽轮机、发电机及各种辅机等。图1-4所示的火电厂为燃煤火电厂。

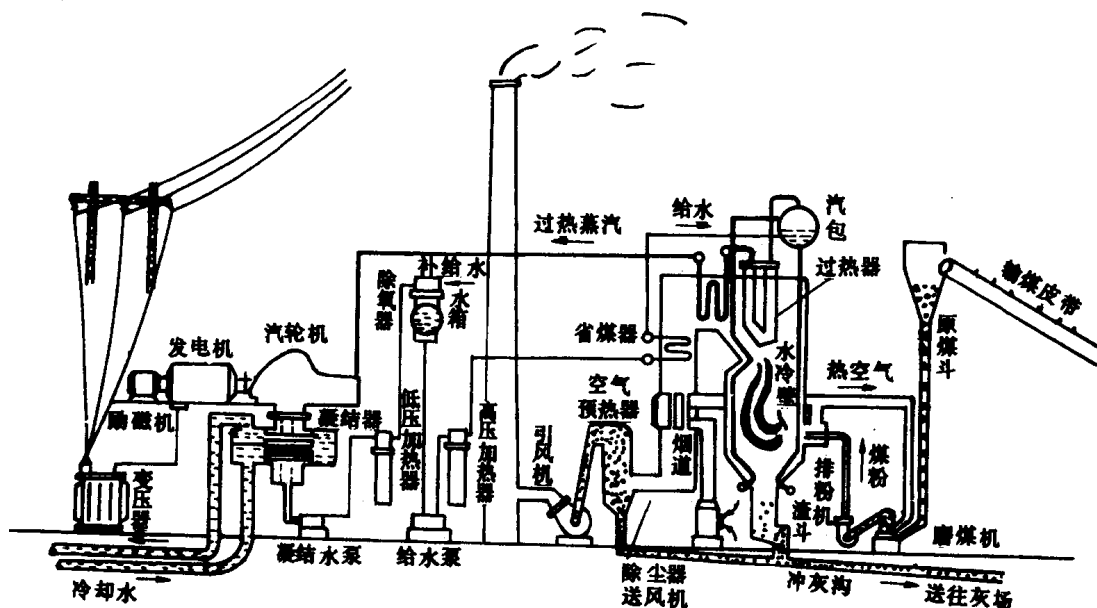


图 1-4 燃煤火电厂生产过程示意图

为了便于了解火电厂生产的主要过程，将主要设备及其联系示于图1-5。由图1-5看出，燃料（煤、石油或天然气）在锅炉炉膛内燃烧，使工质——水变成具有一定压力和温度的过热蒸汽，将化学能转换成热能。过热蒸汽推动汽轮机旋转，将热能转换成机械能。汽轮机带动发电机旋转将机械能转换成电能，这就是火电厂的电能生产过程。

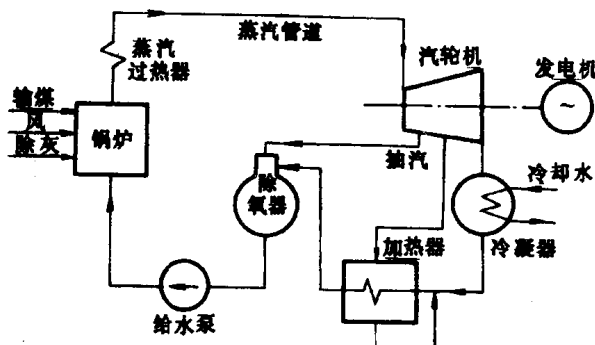


图 1-5 火电厂主要设备及其联系示意图

火力发电厂分为两种：一种是凝汽式火力发电厂，通常就称为火电厂；另一种是供热式火力发电厂，通常称为热电厂。凝汽式火力发电厂只生产电能，过热蒸汽做过功之后，经过冷凝器变成水，再经过加热器和除氧器回到锅炉形成水和蒸汽的循环系统。这种电厂效率不高，对于蒸汽压力为 100MPa、温度为 510℃ 的火电厂效率只有 30%~32%。对于蒸汽压力为 170~225MPa、温度为 550~660℃ 的火电厂效率为 34%~40%。不难看出，在发电过程中大部分能量未被利用而损失掉了。为了提高能量的利用率，在发电厂周围有热力用户时，人们将做过部分功的蒸汽从汽轮机的抽汽孔中抽出一部分供给热力用户。这种电厂向电力用户供应电能，向热力用户供应热能，所以称为热电厂。热电厂效率高，经济效益比凝汽式火电厂好，但必须建在热力用户附近。

二、水力发电厂

水力发电厂简称水电厂。水电厂是利用江河蕴藏的水的位能来发电。水电厂的主要设备有压力水管、水轮机、发电机等等。水力发电厂生产过程如图 1-6 所示。压力水管将水从高处引到水轮机，推动水轮机旋转，将水的位能转换成机械能。水轮机带动发电机旋转，将机械能转换成电能。发电厂发出的电功率可用下式表示

$$P = 9.81\eta QH \quad (1-1)$$

式中 P ——发电功率，kW；
 η ——水电厂的效率；
 Q ——通过水轮机的水量，m³/s；
 H ——水的落差，m。

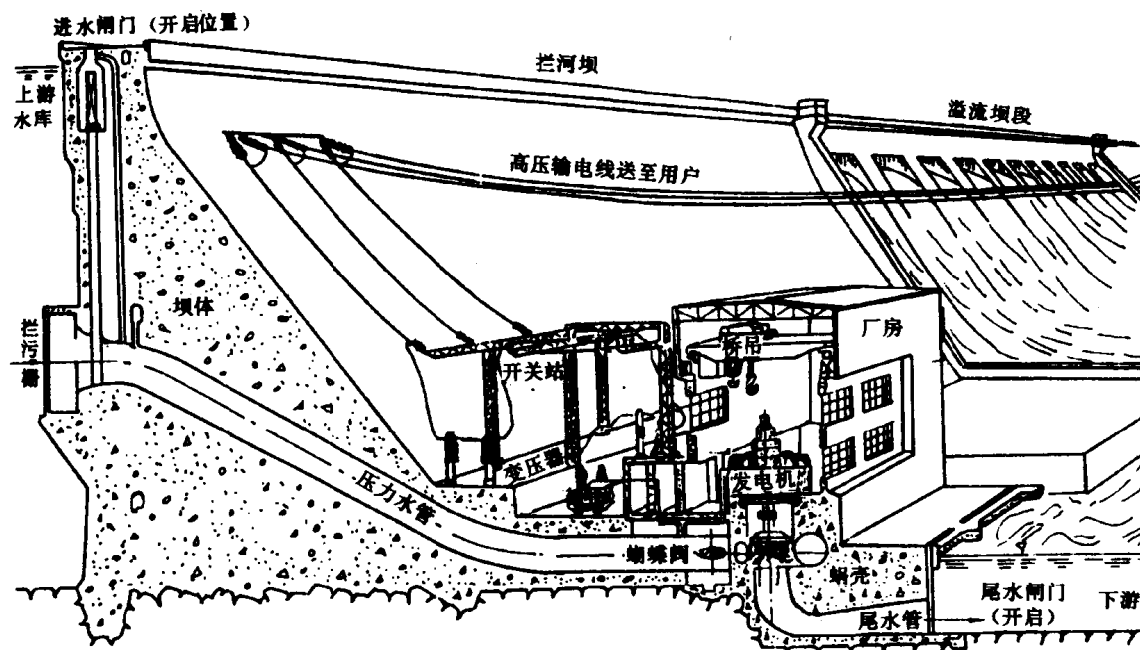


图 1-6 水力发电厂生产过程示意图

因此，为了充分利用水力资源，一般要建筑人工坝，提高水位，建成坝后式水电厂。除

坝后式水电厂外，还有引水式、混合式、抽水蓄能式水电厂等。

水电厂有很多优点，如电能成本低，没有污染、运行方式灵活，可以发电、防洪、灌溉、航运、综合利用水力资源等等。但水电厂有一次投资大、建设周期长、淹没土地、拆迁、运行方式受水文气象影响较大等问题。我国水力资源丰富，蕴藏量达 6.8 亿 kW，可利用量约 3.78 亿 kW。目前，我国总装机容量中水电装机容量约占 30%，这个比重到本世纪末不会有大的改变。到本世纪末总装机容量预计为 3.0 亿 kW，那么水电装机容量可达 0.9 亿 kW。水力资源开发量为 19%。在煤和石油储量日益减少的情况下，应当开发水力资源，建设水电厂。一方面建大的水电厂，如三峡水电厂，一方面在偏远山区建设小水电站，发展农业经济，提高农民生活水平。

三、核电站

自 1951 年美国在加利福尼亚州建成世界上第一个试验性的 100kW 核电站之后，原子能发电发展非常迅速，现今世界已有几百座核电站在运转，成为一种主要的电能生产形式。在法国核电站发电量占总发电量的 60% 以上。我国秦山（300MW）和大亚湾（2×900MW）核电站均已投运。

核电站与火电厂不同之处，是用核蒸汽发生系统代替了火电厂的锅炉生产蒸汽的系统。在反应堆内原子核裂变产生的能量将水加热成一定压力和温度的蒸汽，蒸汽推动汽轮发电机组发电。能够控制核裂变的反应堆是核电站的核心设备。现在运行的反应堆有两种：沸水堆和压水堆。

沸水堆是用沸腾水作为慢化剂的反应堆，其原理如图 1-7 所示。沸水堆核电站是单回路系统电厂，水在反应堆内加热变成压力为 6.86~7.58MPa、温度为 280~290℃ 的蒸汽，通过蒸汽管道直接送到汽轮机发电机组发电，这种型式简单，但可能会使汽轮机等设备受放射性污染。

压水堆是用有压力的水作为慢化剂和冷却剂的核反应堆。压水堆核电站的生产过程如图 1-8 所示。它有单独的蒸汽发生器，形成两个独立的循环系统。一个是水循环系统，使水在反应堆内变成压力为 $(1.47\sim 1.57)\times 10^7\text{Pa}$ 、温度为 310~320℃ 的热水。在蒸汽发生器内，将热量传递给另一蒸汽循环系统，使循环水变成压力为 $(4.95\sim 5.88)\times 10^6\text{Pa}$ 、温度为 250~260℃ 的蒸汽。这样可以防止蒸汽受放射性污染。

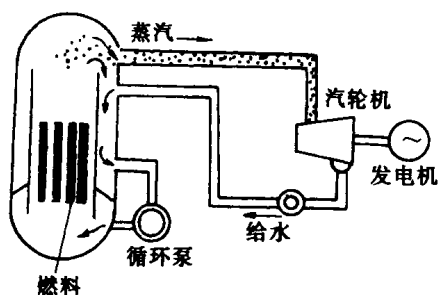


图 1-7 沸水堆反应堆核电站
生产过程示意图

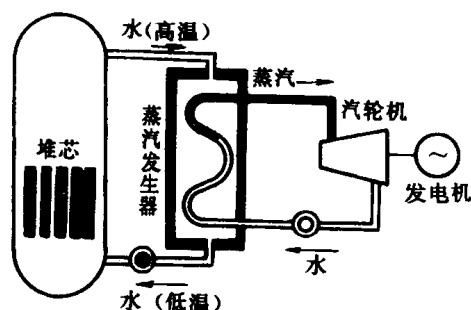


图 1-8 压水堆反应堆发电厂
生产过程示意图

核电站有很多优点，首先可以节省大量煤、石油和天然气，节省燃料运输费用。例如，一个容量为 500MW 的火电厂，一年要耗煤 150 万 t 左右，每列火车运输量按 0.3 万 t 计，需 500 列火车运输。而用核燃料只需 600kg 就够了。其次，反应堆不需空气助燃，可以建在地下、水下、高山顶处。其缺点是，在目前的技术条件下，建设投资比火电厂和水电厂都大。

发电厂目前主要是以上三种类型。其它发电方式，如风力发电、地热发电、潮汐发电、海浪发电、磁流体发电等，不是容量太小，就是还在研究过程之中，不再一一介绍。

第三节 电力系统运行特点及要求

一、电力系统运行特点

电力系统运行特点是指电能在生产、分配和消耗过程中与其它工业部门的不同之处。

1. 电能不能大量储存

电能的生产 and 消耗是同时完成的。每个时刻所发电量取决于同一时刻用电量和电力系统自身损耗的电量，即发电量和耗电量随时保持平衡。因而电力系统任何一个环节发生故障都会影响电力系统的正常工作。

2. 过渡过程非常迅速

电力系统运行状态的任何变化，如设备投入和切除、负荷变化，都是瞬间完成的。电力系统发生异常或故障引起的过渡过程非常短暂，以百分之几秒到十分之几秒来计算。这样，电力系统运行状态的调整和操作必须由自动装置来完成。

3. 与国民经济各部门及人民生活关系极为密切

由于电能宜于集中生产、易于转换成其它形式的能量以及便于远距离输送，它已成为工农业、通信、交通、科学研究和人民生活不可缺少的能源。如果电力系统出现故障，造成大面积停电，无论在经济上和政治上都会造成损失，甚至会给社会造成灾难。

二、电力系统要求

由于电力系统在国民经济和人民生活中地位非常重要，必须对其提出一定的要求。

1. 为国民经济各部门提供充足的电能，最大限度地满足用户的用电需要

电能是二次能源，发展国民经济必须电力先行，一方面电力工业建设要优先于其它工业部门；另一方面要提高运行管理水平，充分利用现有设备，减少事故次数。

2. 保证供电的可靠性

保证供电可靠性，就是不间断地向用户供电。电力系统在运行过程中，由于设备缺陷、自然灾害或人为失误等原因的存在，不可避免地会发生各种各样的故障，轻者造成局部的停电损失，重者设备损坏和大面积停电，造成经济上的严重损失和政治上的不良影响。因此，应当采取措施尽量减少故障次数，故障发生后要尽量减小故障影响范围，可是为了防止故障发生及缩小故障影响范围，需要大量的投资。再从用户的角度分析一下，从用户看总是以不间断地供电最好。但进一步分析还可看到，不同性质的用户因停电造成的后果是不一样的。如对钢铁企业、化工企业、医院和重要的军事政治设施停电，其后果与在正常气候条件下对农村停电的后果相比是不同的。在国家经济力量还不强大的情况下，对不同

用户的供电可靠性提出不同的要求是合理的。从实际出发，通常将用户分为三类：

第一类用户：是停电会造成人身伤亡，设备损坏，生产长时间不易恢复或造成政治上的严重影响的用户。对这类用户要由两个或两个以上的电源供电，保证不间断地供电。

第二类用户：如停电会造成大量减产，工人窝工，城市公共事业及人民生活受到影响等的用户。一般情况下应采取措施，保证向这类用户不间断地供电。

第三类用户：是短时间停电不会带来严重后果的用户，如工厂的辅助车间、小城镇及农村的公用负荷等。但应当指出，随着国民经济的发展和技术进步，供电可靠性会逐步提高。另外，用户的重要程度也不是一成不变的，如农业用户，在平时是三类用户，允许短时间停电，但当发生洪涝或严重干旱时，必须保证不间断供电，按一类用户对待。

3. 保证良好的电能质量

电能质量的主要标志是电压偏移、频率偏差及电压波形畸变率。电能质量对设备安全、产品质量、工作效率有明显的影响。为了保证电力系统安全经济运行，国家规定了电压偏移、频率偏差和电压波形畸变率的允许值。

我国电网电压偏移允许值：35kV 及其以上电压供电的用户，电压正负偏移绝对值之和不超过额定电压的 10%；10kV 及其以下三相供电系统，电压正负偏移不超过 7%。

我国电力系统正常频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。当系统容量较小时，偏差值可以放宽到 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

我国电网电压波形畸变率（定义见本章第七节）允许值，如表 1-1 所示。

表 1-1 电网电压波形畸变率

电网标称电压 (kV)	电压波形畸变率 (%)	各次谐波电压含有率 (%)	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6 及 10	4.0	3.2	1.6
35 及 66	3.0	2.4	1.2
110	2.0	1.6	0.8

4. 提高电力系统运行经济性

在保证供电可靠性和电能质量的前提下，应最大限度地提高电力系统运行的经济性。主要措施有安装大容量机组，合理分配发电厂间的负荷，减少厂用电和网损等等。

以上四项要求，是相互联系的，有的也是相互有矛盾的，应从实际出发，采取具体措施，提高运行水平。

第四节 电力系统标准电压

电力系统标准电压是指系统用的标称电压和最高电压、电气设备用的额定电压和最高

电压。

一、电力系统标称电压和最高电压

输电线路通过的电流是由传输的视在功率和电压值决定的，输电线路的功率损耗是由电流和输电线路的参数决定的。在传输功率一定的条件下，电压高时电流小，功率损耗也小，但变压器、开关和杆塔等设备的投资增加。综合考虑各种因素，对应一定传输功率和输送距离的输电线路必有一合理的电压值，该电压值通常称为经济电压。

对一个国家来讲，不可能修建一条输电线路就确定一个电压值。因为那样会造成设备通用性差，备用设备增加，网络连接和管理都困难。因此，每个国家都根据本国的技术经济条件，规定自己的电压等级标准。该电压等级标准称为电力系统标称电压。

当电力系统正常运行时，在任何时间，系统中任何一点上所出现的电压最高值（不包括系统的暂态和异常电压，例如系统的操作所引起的瞬时电压变化等），称为电力系统最高电压。

二、电气设备额定电压和最高电压

电气设备都是在一定条件下工作的。制造厂家根据所规定的电气设备工作条件而确定的电压，称为电气设备的额定电压。电气设备的最高电压是考虑到设备的绝缘性能和与最高电压有关的其它性能（如变压器的磁化电流及电容器的损耗等）所确定的最高运行电压，其数值等于所在系统的最高电压值。

为了保证用电设备在偏离其额定电压允许值的范围内工作，在同一系统标称电压下，电气设备的额定电压是不相同的。例如升压变压器低压侧额定电压与发电机额定电压相同，高压侧额定电压比相应系统标称电压高 10%。降压变压器高压侧额定电压与相应系统标称电压相同，低压侧额定电压比系统标称电压高 5% 或 10%。发电机组容量越大，额定电压值越高。额定电压在 10.5kV 以下的发电机组，其额定电压一般比相应的系统标称电压高 5%。这样确定电气设备的额定电压，是考虑到变压器约有 5% 的电压损耗，输电线路约有 10% 左右的电压损耗。图 1-9 示出电力网电压分布图。从该图看出，从实际情况出发确定电气设备的额定电压值是合理的。

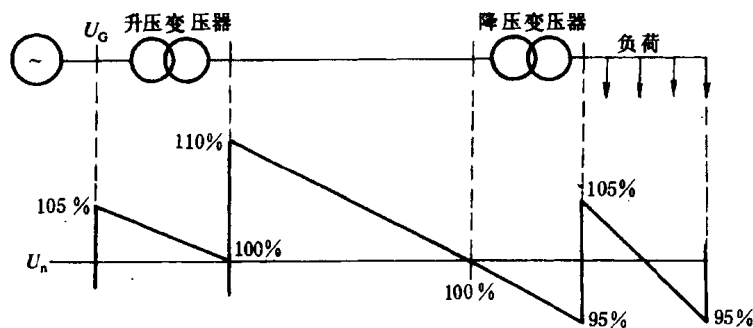


图 1-9 电力网电压分布图

实际上保证电气设备在允许的电压变动范围之内工作是一件困难的事情。因为实际电力网接线复杂，输电距离有长有短，负荷又是随机变化的，致使电压的控制与调整较为困

难。合理确定电气设备的额定电压，有利于电压的调整。

三、电力系统标准电压

我国电力系统的标准电压如下：

220V 至 1000(1140)V 交流电力系统的标称电压值及电气设备的额定电压值列于表 1-2。

表 1-2 220~1000V 交流电力系统标称电压值及电气设备额定电压

三相四线或三相三线交流系统 标称电压值及电气设备的额定电压值 (V)	
220/380	
380/660	
1000/ (1140)	

注 1140V 仅限于煤矿井下使用。

3kV 以上的交流三相电力系统的标称电压及电气设备的最高电压值列于表 1-3。发电机的额定电压值列于表 1-4。

表 1-3 3kV 以上交流电力系统标称电压及电气设备最高电压

系统的标称电压 (kV)	电气设备的最高电压 (kV)
3	3.6
6	7.2
10	12
(20)	(24)
35	40.5
66	72.5
110	126 (123)
220	252 (245)
330	363
500	550
(750)	(800)
—	1200

注 括号内的数值用户有要求时使用。

表 1-4 发电机额定电压

交流发电机额定电压 (V)	直流发电机额定电压 (V)
115	115
230	230
400	460
690	
3150	
6300	
10500	

续表

交流发电机额定电压 (V)	直流发电机额定电压 (V)
13800	
15750	
18000	
20000	
22000	
24000	
26000	

四、不同标称电压值下，合理传输距离和传输功率范围

经过经济技术比较，标称电压值在 220kV 以下时，标称电压与相应的合理传输距离和传输功率关系列于表 1-5。

表 1-5 标称电压与相应传输距离、传输功率关系

标称电压 (kV)	输送方式	输送功率 (kW)	输送距离 (km)
0.22	架空线	小于 50	0.15
0.22	电缆	小于 100	0.2
0.38	架空线	100	0.25
0.38	电缆	175	0.35
3	架空线	100~1000	3~1
6	架空线	200~2000	10~3
6	电缆	3000	小于 8
10	架空线	200~3000	20~5
10	电缆	5000	小于 10
35	架空线	2000~10000	50~20
110	架空线	10000~50000	150~50
220	架空线	100000~500000	300~200

第五节 电力系统负荷

人们通常把用户的用电设备所消耗的功率（或电能）称为“负荷”。电力系统总的负荷是所有用户消耗的功率（或电能）之和。

负荷是电力系统服务的对象。要满足负荷的需要，必须掌握负荷的变化规律。我们知道用电设备是各种各样的，它们消耗的功率值及启停都是随机的，对整个系统来讲，负荷是不可控变量。实际上，对一个用电设备所消耗的功率很难显示其规律性，但对一大批用电设备，虽然仍有一定的随机性，但能反映出某种程度的规律性。人们根据长时间积累的经验，可预计出负荷随时间变化的关系，这种关系往往用曲线表示，称为负荷曲线。根据需要可以作出多种负荷曲线。

一、日负荷曲线

一天内 0~24 时负荷的变化曲线称为日负荷曲线。典型的日负荷曲线如图 1-10 所示。曲线的最低点一般在 0~4 时之间，称为负荷的低谷，相应的负荷为最小负荷 P_{\min} 。曲线的最高点一般在 16~24 时之间，称为负荷的尖峰，相应的负荷称为尖峰负荷或最大负荷 P_{\max} 。 P_{\min} 以下的负荷称为基荷， P_{\max} 与 P_{\min} 之差称为峰谷差。日负荷曲线的起伏情况可用“负荷率 K_p ”表示

$$K_p = \frac{W}{24P_{\max}} \quad (1-2)$$

其中

$$W = \int_0^{24} P dt$$

式中 W ——一日内整个系统所消耗的电能，其值等于负荷曲线与坐标轴所包围之面积。

日负荷曲线变化规律取决于负荷的性质、作息制度、地理位置和气候变化等因素。现在预计日负荷的误差可作到在 3% 之内。

日负荷曲线是系统调度部门安排电能生产计划的基础。调度部门必须在当天预计出第二天的日负荷曲线，根据日负荷曲线和各个发电厂的具体情况，调度员事先安排好第二天每个发电厂的发电任务。安排各个发电厂的发电任务，可以按照整个系统消耗一次能源最少的原则来确定，也可以按照电厂的特点来安排。一般情况下，热电厂和效率高的火电厂带基荷，变动负荷由水电厂和中等容量的火电厂担任，尖峰负荷由调频厂担任，这种安排如图 1-11 所示。这种安排的出发点是为了提高整个电力系统的经济性。但是这种安排也不是一成不变的，例如丰水期为了防止弃水，就让水电厂担任基荷。

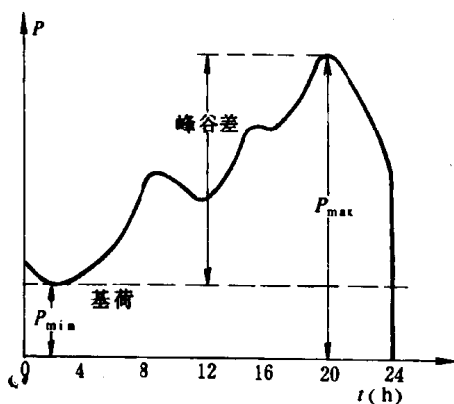


图 1-10 日负荷曲线

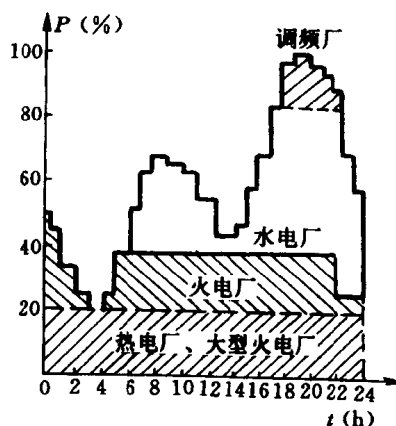


图 1-11 各发电厂发电任务的安排

二、年最大负荷曲线

年最大负荷曲线是从年初至年终逐月（或逐日）最大负荷变化曲线，如图 1-12 所示。一般情况下，夏天的最大负荷较小，这是因为夏季照明负荷减少。接近年终时最大负荷值较大，这是因为冬季照明负荷增加，工矿企业增加生产，新的工矿企业投产等。

年最大负荷曲线有以下用途。

(1) 是安排各发电厂检修计划的依据。在负荷曲线低谷时间段内可以作为检修设备时

间，有计划地安排检修容量，如图 1-12 所示。

(2) 是安排新装机组计划的依据。曲线给出了年终负荷增长量，可以按负荷增长量投运新的机组，增强电源建设的计划性。

三、年持续负荷曲线

年持续负荷曲线是在一年时间内按负荷的大小及其持续时间（小时数）的顺序排列的负荷曲线，如图 1-13 所示。它有以下用途：

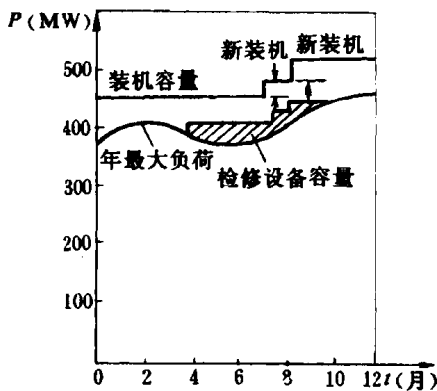


图 1-12 年最大负荷曲线

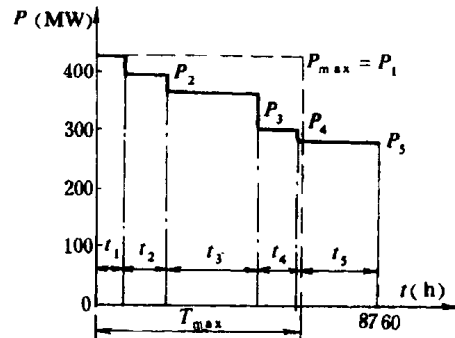


图 1-13 年持续负荷曲线

(1) 可以计算一年内整个系统所消耗的总电量，即

$$W = \sum_{i=1}^n P_i t_i = \int_0^{8760} P dt \quad (1-3)$$

(2) 可以计算电力系统年最大负荷利用小时数 T_{max}

$$T_{max} = \frac{W}{P_{max}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i t_i}{P_{max}} \quad (1-4)$$

式中 P_{max} ——电力系统一年内的最大负荷值。

最大负荷利用小时数 T_{max} ，能反映电力系统实际负荷在一年内的变化程度。 T_{max} 大反映一年内负荷变化不太大，负荷曲线比较平坦； T_{max} 小反映负荷在一年内变化较大。同时已知 T_{max} 和 P_{max} 时，还可以计算出一年内整个系统消耗的电能

$$W = T_{max} P_{max} \quad (1-5)$$

各类用户年最大负荷利用小时数见表 1-6。

表 1-6 各类负荷年最大负荷利用小时数

负荷类型	T_{max} (h)	负荷类型	T_{max} (h)
照明及生活用电	2000~3000	三班制企业	6000~7000
一班制企业	1500~2200	农业用电	1000~1500
三班制企业	3000~4500		