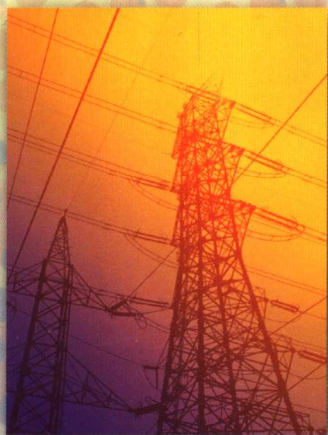




高等学校“十一五”精品规划教材

电力系统分析

主 编 房俊龙 黄丽华 纪建伟 孙国凯
副主编 梁春英 刘恒赤 葛丽娟 倪 晶
主 审 朴在林



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

要 點 容 內



高等学校“十一五”精品规划教材

电力系统分析

主 编 房俊龙 黄丽华 纪建伟 孙国凯
副主编 梁春英 刘恒赤 葛丽娟 倪 晶
参 编 高 亮 王 俊 于建东 郭爱霞 徐 宏
主 审 朴在林



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

全书共分十五章, 主要包括电力系统的基本概念、电力网各元件的参数和等值电路、简单电力网络的分析与计算、复杂电力系统的潮流计算、电力系统的无功功率平衡和电压调整、电力系统的有功功率和频率调整、电力系统的经济运行、同步发电机的基本方程、电力系统三相短路的暂态过程、电力系统三相短路电流的实用计算、电力系统各元件的序阻抗和等值电路、电力系统简单不对称故障的分析和计算、电力系统稳定性问题概述和发电机的机电特性、电力系统静态稳定性、电力系统暂态稳定性等。

本书可作为高等院校电力工程专业电力系统分析课程的教材, 也可供从事电力系统工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统分析/房俊龙等主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

高等学校“十一五”精品规划教材

ISBN 978-7-5084-4237-2

I. 电... II. 房... III. 电力系统—分析—高等学校—教材 IV. TM711

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 143335 号

书 名	高等学校“十一五”精品规划教材 电力系统分析
作 者	主 编 房俊龙 黄丽华 纪建伟 孙国凯 主审 朴在林 副主编 梁春英 刘恒赤 葛丽娟 倪 晶
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 18.5 印张 439 千字
版 次	2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	29.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

《电力系统分析》一书是高等学校“十一五”精品规划教材之一。在编写过程中，考虑了全国高等农业院校电学科电力系统分析教材编审小组审定稿的《电力系统稳态分析》与《电力系统暂态分析》两门课程的教学大纲要求。

在本教材编写过程中，作者总结吸收了各院校教学和教学改革的有益经验，着重掌握基本概念及基本计算方法，同时尽可能结合电力系统的实际需要，力求理论与实际相结合。本教材根据专业特点和培养目标，在内容取舍上尽量做到简明、实用及通俗易懂。本教材所需授课学时（不含实验课）为100~120学时。

参加本书编写的单位有：沈阳农业大学、河北农业大学、东北农业大学、黑龙江八一农垦大学、内蒙古农业大学、莱阳农学院、山西农业大学等七所院校。参加本书编写人员：房俊龙、黄丽华、纪建伟、孙国凯、梁春英、刘恒赤、葛丽娟、倪晶、高亮、王俊、于建东、郭爱霞等。

本书由沈阳农业大学朴在林教授审稿并提出了许多宝贵意见，谨敬谢忱。由于编写者的经验和水平有限，书中错误和不妥之处仍在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年10月

目 录

前 言

第一章 电力系统的基本概念	1
第一节 电力系统的组成	1
第二节 电力系统运行应满足的基本要求	2
第三节 电力系统的接线方式和电压等级	3
第四节 电力系统的负荷	6
第五节 电力系统分析课程的主要内容	9
小结	10
第二章 电力网各元件的参数和等值电路	11
第一节 电力线路的参数及等值电路	11
第二节 变压器的等值电路和参数	17
第三节 电力网络的等值电路	23
小结	31
第三章 简单电力网络的分析与计算	33
第一节 网络元件的电压降落和功率损耗	33
第二节 开式电力网络的潮流分布计算	37
第三节 闭式电力网的潮流分布计算	43
第四节 电力网络的简化	48
小结	51
第四章 复杂电力系统的潮流计算	52
第一节 电力网络的数学模型	52
第二节 功率方程和变量节点的分类	56
第三节 高斯—塞德尔法潮流计算	60
第四节 牛顿—拉夫逊法潮流计算	62
第五节 P—Q 分解法潮流计算	73
小结	77
第五章 电力系统的无功功率平衡和电压调整	78
第一节 电力系统的无功功率平衡	78
第二节 电压调整的基本概念	86
第三节 发电机调压	89
第四节 改变变压器变比调压	90
第五节 利用无功功率补偿调压	94
第六节 几种调压措施的比较	97

小结	98
第六章 电力系统的有功功率平衡和频率调整	99
第一节 频率调整的必要性	99
第二节 电力系统的频率特性	100
第三节 电力系统的频率调整	103
第四节 有功功率平衡和系统负荷在各类发电厂间的合理分配	110
小结	113
第七章 电力系统的经济运行	114
第一节 电力网中的能量损耗	114
第二节 火电厂有功功率负荷的经济分配	120
第三节 水、火电厂间有功功率负荷的经济分配	124
第四节 无功功率负荷的经济分配	127
小结	129
第八章 同步发电机的基本方程	130
第一节 同步发电机的原始方程	130
第二节 d 、 q 、 0 坐标系统的同步机方程	135
第三节 同步电机的对称稳态运行	140
小结	143
第九章 电力系统三相短路的暂态过程	144
第一节 短路的一般概念	144
第二节 无限大功率电源供电系统的三相短路	145
第三节 同步发电机突然三相短路的物理分析	150
第四节 暂态参数和次暂态参数	155
第五节 短路全电流表达式	161
第六节 强行励磁对短路暂态过程的影响	164
小结	166
第十章 电力系统三相短路电流的实用计算	167
第一节 短路计算的基本假设	167
第二节 起始次暂态电流和冲击电流的实用计算	168
第三节 短路电流运算曲线及其应用	172
第四节 短路电流周期分量的近似计算	177
小结	181
第十一章 电力系统各元件的序阻抗和等值电路	182
第一节 对称分量法在不对称短路计算中的应用	182
第二节 同步发电机的负序和零序电抗	186
第三节 变压器的零序等值电路及其参数	188
第四节 架空输电线路的零序阻抗及其等值电路	194
第五节 综合负荷的序阻抗	201

第六节 电力系统各序网络的制订	202
小结	204
第十二章 电力系统简单不对称故障的分析和计算	205
第一节 简单不对称短路的分析	205
第二节 不对称短路时网络中电流和电压的分布计算	212
第三节 电压和电流对称分量经变压器后的相位变换	215
第四节 非全相断线的分析计算	218
小结	222
第十三章 电力系统稳定性问题概述和发电机的机电特性	223
第一节 概述	223
第二节 发电机转子运动方程	229
第三节 简单电力系统的功率特性	231
第四节 自动励磁调节器对功率特性的影响	233
第五节 多机系统中发电机的功率	238
小结	241
第十四章 电力系统静态稳定性	242
第一节 小扰动法分析简单电力系统的静态稳定	242
第二节 自动励磁调节器对静态稳定的影响	246
第三节 电力系统静态稳定的实用计算	257
第四节 提高系统静态稳定性的措施	259
小结	261
第十五章 电力系统暂态稳定性	262
第一节 暂态稳定分析计算的基本假设	262
第二节 简单电力系统暂态稳定的分析计算	264
第三节 发电机转子运动方程的数值解法	267
第四节 复杂电力系统暂态稳定的分析计算	275
第五节 提高电力系统暂态稳定性的措施	278
小结	281
附录 短路电流运算曲线	283
参考文献	287

第一章 电力系统的基本概念

第一节 电力系统的组成

“科技要发展，电力要先行”，可见电能在国民经济和人民日常生活中的作用。实际电力系统是一个非常复杂的大系统，但其核心无非为以下几部分内容：首先发电机将一次能源转化为电能，电能经变压器和电力线路输送、分配给用户，最终电能经用电设备（主要为电动机）转化为用户需要的其他形式的能量。这些生产、输送、分配和消费电能的发电机、变压器、电力线路和用电设备（负荷）联系在一起组成的统一整体就是电力系统，也称为一次系统。为了保证一次系统的正常、安全、可靠、经济地运行，还需要各种信号监测、调度控制、保护操作等系统，它们也是电力系统中不可缺少的部分，通常称为二次系统。水电厂的水轮机和水库，火电厂的汽轮机、锅炉、供热管道和热用户等部分与电力系统共同组成动力系统。电力系统中输送和分配电能的变压器和电力线路构成电力网。

在交流电力系统中，各组成部分都是三相的，一般用单线图来表示三相交流电力系统各元件间的电的联系。图 1-1 为某动力系统、电力系统和电力网的接线图。

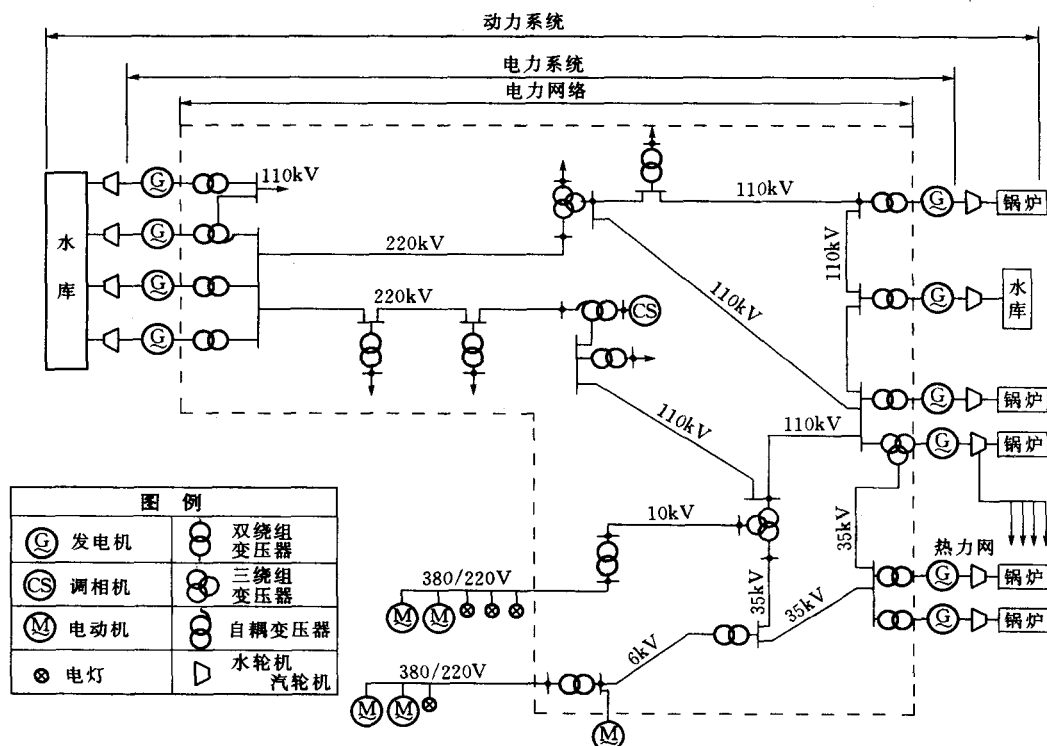


图 1-1 某动力系统、电力系统和电力网示意图

随着电力技术的发展，直流输电作为一种补充的输电方式得到了实际应用。在交流电力系统内或者两个交流电力系统之间嵌入直流输电系统，便构成了现代交、直流联合系统。图 1-2 为直流输电系统示意图。

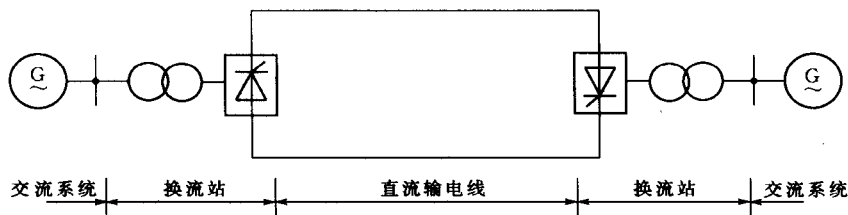


图 1-2 直流输电系统示意图

第二节 电力系统运行应满足的基本要求

电力系统的运行与其他工业系统相比较，有以下特点：

(1) 与国民经济、人民生活联系紧密。

(2) 各种暂态过程非常短促。当电力系统受到扰动后，由一种运行状态过渡到另一种运行状态的时间非常短。

(3) 电能不能大量储存。即电能的生产、输送、分配及消费几乎是同时进行的，在任一时刻，发电机发出的电能等于负荷消费的电能（在发电机容量允许范围内）。

因此，对电力系统运行的基本要求是：

(1) 保证供电的可靠性。对用户供电的中断将会使生产停止，人民的生活秩序、生活质量受到影响，甚至会危及人身、设备的安全，造成严重后果。但是在某些特殊情况下，当电力系统无法满足全部负荷的需要时，应有选择性的保证重要用户的供电。根据负荷允许停电程度的不同，将负荷分为三级：

一级负荷：若停电将造成人身伤亡和设备事故、产生废品，使生产秩序长期不能恢复或产生严重政治影响，使人民生活发生混乱等。对一级负荷，要保证不间断供电。

二级负荷：停电将造成大量减产，使人民生活受到影响。

三级负荷：不属于一、二级的负荷，如工厂的附属车间、小城镇等。

对二、三级负荷，在电能不足时，应优先保证二级负荷的供电。

从电力系统角度来看，目前保证可靠供电的措施主要有：提高系统运行的稳定性及可靠性指标，采用微机监视和控制，应用微机保护等。

(2) 保证良好的电能质量。电压和频率是衡量电能质量的两个主要指标。我国规定，用户供电电压的允许偏移量是额定值的 $+5\% \sim -7\%$ ；额定频率是 50Hz ，允许的偏移量为 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5\text{Hz}$ 。

(3) 保证系统运行的经济性。电能的用途广、耗量大，因此生产电能耗费的一次能源占国民经济能源总耗费的比重大。电力系统在保证安全、优质供电的前提下，将单一电力系统联合组成联合电力系统，合理安排各类发电厂所承担的负荷，组织电力系统经济运行，

力求降低能源消耗，以求得最大的经济效益。

第三节 电力系统的接线方式和电压等级

一、电力系统的接线方式

电力系统的接线方式按供电可靠性分为有备用接线方式和无备用接线方式两种。无备用接线方式是指负荷只能从一条路径获得电能的接线方式。根据形状，它包括单回路的放射式、干线式和链式网络，如图 1-3 所示。有备用接线方式是指负荷至少可以从两条路径获得电能的接线方式。它包括双回路的放射式、干线式、链式，环式和两端供电网络，如图 1-4 所示。

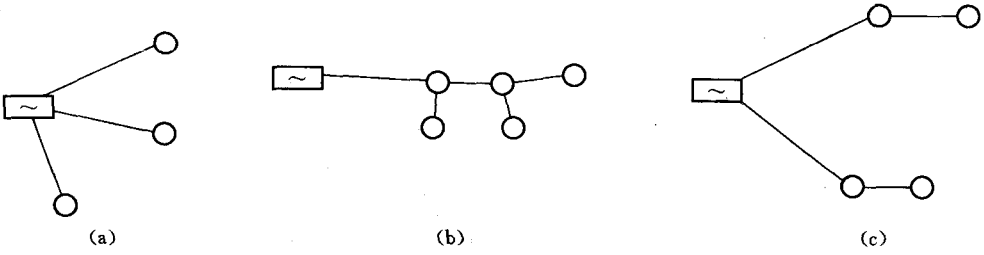


图 1-3 无备用接线方式
(a) 放射式；(b) 干线式；(c) 链式

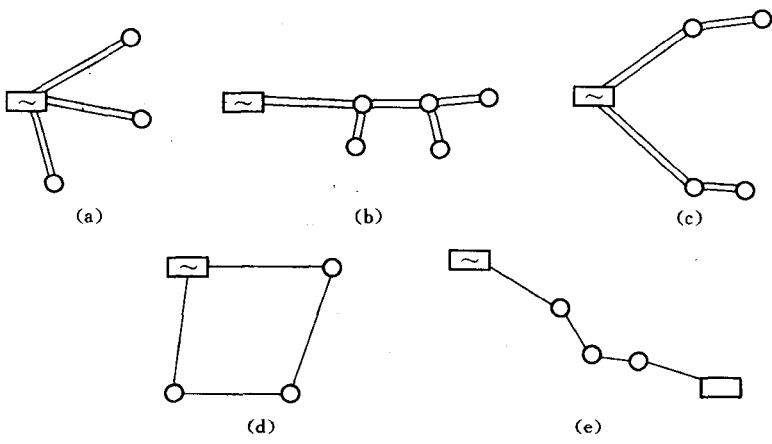


图 1-4 有备用接线方式
(a) 放射式；(b) 干线式；(c) 链式；(d) 环式；(e) 两端供电网络

无备用接线的主要优点在于简单、经济、运行操作方便，主要缺点是供电可靠性差，并且在线路较长时，线路末端电压往往偏低，因此这种接线方式不适用于一级负荷占很大比重的场合。但一级负荷的比重不大，并可为这些负荷单独设置备用电源时，仍可采用这种接线，这种接线方式广泛应用于二级负荷。

有备用接线的主要优点在于供电可靠性高，电压质量好。有备用接线中，双回路的放射式、干线式和链式接线的缺点是不够经济；环形网络的供电可靠性和经济性都不错，但其缺点是运行调度复杂，并且故障时的电压质量差；两端供电网络很常见，供电可靠性高，但采用这种接线的先决条件是必须有两个或两个以上独立电源，并且各电源与各负荷点的相对位置又决定了这种接线的合理性。

可见，接线方式的选择要经技术经济比较后才能确定。所选的接线方式在满足安全、优质、经济的指标外，还应保证运行灵活和操作方便、安全。

二、电力系统的电压等级

1. 电力系统的额定电压等级

实际电力系统中，各部分的电压等级不同。这是由于电气设备运行时存在一个能使其技术性能和经济效果达到最佳状态的电压。另外，为了保证生产的系列性和电力工业的有序发展，我国国家标准规定的电气设备标准电压（又称额定电压）等级见表 1-1。

表 1-1 额定电压等级 单位：kV			
用电设备额定 线电压	交流发电机 线电压	变压器线电压	
		一次绕组	二次绕组
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
	15.75	15.75	
35		35	38.5
(60)		(60)	(66)
110		110	121
(154)		(154)	(169)
220		220	242
330		330	363
500		500	
750		750	

注 () 内的电压为将要淘汰的电压等级。

2. 电气设备额定电压间的配合关系

从表 1-1 可见，同一电压级别下各种电气设备的额定电压并不完全相等，它们之间的配合原则是：以用电设备的额定电压为参考。由于线路直接与用电设备相连，因此线路额定电压和用电设备的额定电压相等。有时把它们统称为网络的额定电压，如 110kV 网络、220kV 网络等。

由于用电设备的允许电压偏移为 $\pm 5\%$ ，而沿线路的电压降落一般为 10% ，这就要求线路始端的电压为其额定值的 105% ，以使其末端电压不低于额定值的 95% 。发电机往往接在线路始端，因此发电机的额定电压为线路额定电压的 105% 。

电气设备额定电压配合关系如图 1-5 所示。变压器一次侧从系统接受电能，相当于用电设备；二次侧向负荷供电，又相当于发电机。因此，变压器一次侧额定电压应等于所接网络的额定电压，但直接与发电机相连的变压器，其一次绕组的额定电压等于发电机的额定电压。变压器二次侧接在线路首端，这就要求正常运行时其二次侧电压较线路额定电压高 5% 。而变压器二次侧额定电压是空载时的电压，带额定负荷时，变压器内部的电压降落约为 5% 。为了保证正常运行时变压器二次侧电压比线路额定电压高 5% ，变压器二次侧额定电压应比线路额定电压高 10% 。只有短路电压小于 7% 或直接（包括通过短距离线路）与用户连接的变压器，其二次侧额定电压才比线路额定电压高 5% 。

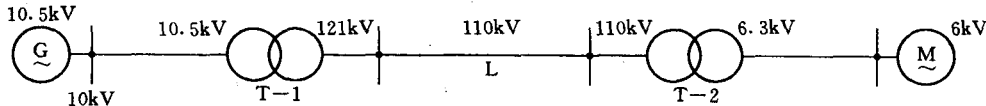


图 1-5 电气设备额定电压配合关系

三、电力系统中性点的运行方式

电力系统的中性点是指星形联结的变压器或发电机的中性点。电力系统的中性点运行方式是一个综合性问题，它与电压等级、单相接地电流、过电压水平、保护配置等有关，直接影响电网的绝缘水平、系统供电的可靠性、主变压器和发电机的运行安全以及通信线路的抗干扰能力等。电力系统中性点的运行方式分为两大类：中性点直接接地（大接地电流系统）和中性点非直接接地（小接地电流系统）。中性点非直接接地又包括中性点不接地、中性点经消弧线圈接地和中性点经高电阻接地。

中性点直接接地系统供电可靠性低。因为这种系统中发生一相接地时就会构成短路，如图 1-6 所示。短路电流很大，为防止损坏设备，必须迅速切除接地相甚至三相，同时巨大的接地短路电流产生较强的单相磁场干扰邻近通信线路。但过电压较低，减少了为提高绝缘水平的投资，降低设备造价，特别适用于高压和超高压电网。在我国 110kV 及以上电压等级的电网，一般均采用中性点直接接地的运行方式，而用其他方法提高供电可靠性。

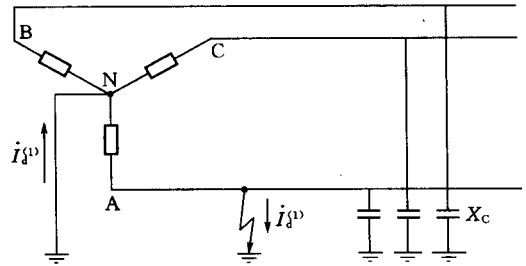


图 1-6 中性点有接地时的单相接地

中性点不接地系统供电可靠性高，但对绝缘水平的要求也高。因为这种系统中一相接地时不会构成短路，接地电流仅为线路及设备的电容电流，相间电压仍然对称，不影响对负荷供电，因此单相接地时允许继续运行两小时。但是，这时的非接地相的对地电压升高为线电压，即为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，如图 1-7 所示。因此对设备绝缘水平要求高，不宜用于 110kV 及以上电网。在 6~60kV 电网中常采用中性点不接地方式，但此时单相接地电容电流不能超过允许值，否则接地电弧不易自熄，易产生较高的弧光间歇接地过电压，波及整个电网。

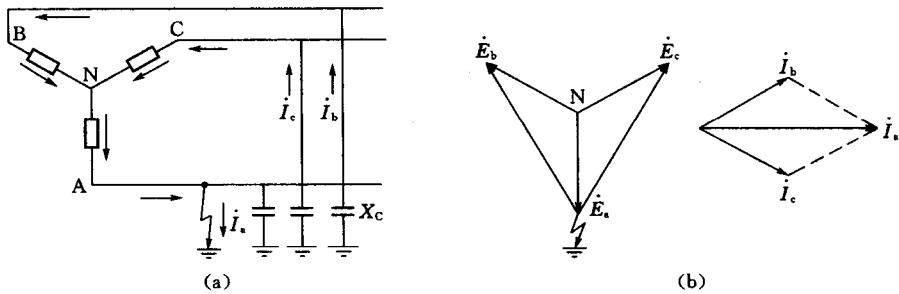


图 1-7 中性点不接地时的一相接地

(a) 电流分布；(b) 电势；电流相量关系

在中性点不接地系统中，若单相接地电容电流超过允许值时，可采用中性点经消弧线圈接地的运行方式，采用消弧线圈的感性电流补偿接地相电容电流，如图 1-8 所示，用以保证电弧瞬间熄灭，消除弧光间歇过电压。消弧线圈的补偿方式又分为过补偿和欠补偿。过补偿是指图 1-8 中的感性电流 I' 。大于容性电流 I_c 时的补偿方式；反之，欠补偿就是指感性

电流 $\dot{I}'$ 。小于容性电流 $\dot{I}_s$ 时的补偿方式。实际系统中一般都采用过补偿的方式。在 3~60kV 网络中，当单相接地电容电流超过下列数值时，中性点应装设消弧线圈：

3~6kV, 30A
10kV, 20A
35~60kV, 10A

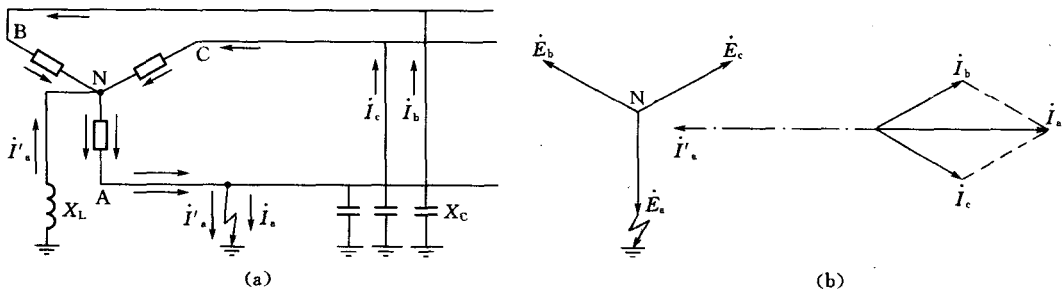


图 1-8 中性点经消弧线圈接地时的一相接地
(a) 电流分布；(b) 电势、电流相量关系

在中性点不接地系统中，若单相接地电容电流超过允许值时，也可采用中性点经高电阻接地的运行方式，此接地方式和经消弧线圈接地方式相比，改变了接地电流相位，加速泄放回路中的残余电荷，促使接地电弧自熄，从而降低弧光间歇接地过电压。一般用于大型发电机中性点。

第四节 电力系统的负荷

一、负荷组成

电力系统中所有电力用户的用电设备所消耗的电功率就是电力系统的负荷，又称为综合用电负荷。综合用电负荷在电网中传输会引起网络损耗，综合用电负荷加上电网的网络损耗就是各发电厂向外输送的功率，称为系统的供电负荷。发电厂内，为了保证发电机及其辅助设备的正常运行，设置了大量的电动机拖动的机械设备以及运行、操作、试验、照明等设备，它们所消耗的功率总和称为厂用电。供电负荷加上发电厂厂用电消耗的功率就是电力系统的发电负荷，它们之间的关系如图 1-9 所示。

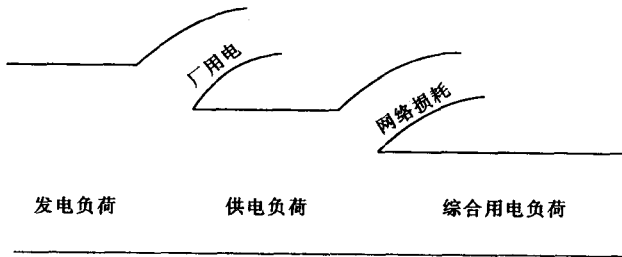


图 1-9 电力系统负荷间的关系

电力用户的用电设备主要为异步电动机、同步电动机、电热装置和照明设备等。根据用户的性质，用电负荷又可分为工业负荷、农业负荷、交通运输业负荷和人民生活用电负荷等。用户性质不同，各种用电设备消耗功率所占比重也不同，如表 1-2 中列出了几个工业部门各类用电设备消耗功率的分配比例。

表 1-2 几个工业部门用电设备比重的统计 (%)						
用电设备	综合性 中小工业	纺织工业	化学工业 (化肥厂、焦化厂)	化学工业 (电化厂)	大型机械 加工工业	钢铁工业
异步电动机	79.1	99.8	56.0	13.0	82.5	20.0
同步电动机	3.2		44.0		1.3	10.0
电热装置	17.7	0.2			15.0	70.0
整流装置				87.0	1.2	
合 计	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

二、负荷曲线

电力系统各用户的用电情况不同，并且经常发生变化，因此实际系统的负荷是随时间变化的。描述负荷随时间变化规律的曲线就称为负荷曲线。按负荷种类可分为有功负荷曲线和无功负荷曲线；按时间的长短可分为日负荷曲线和年负荷曲线；也可按计量地点分为个别用户、电力线路、变电所、发电厂、电力系统的负荷曲线。将上述三种特征相结合，就确定了某一种特定的负荷曲线，如电力系统的有功日负荷曲线。

常用的负荷曲线有如下几种：

1. 日负荷曲线

描述系统负荷在一天 24h 内所需功率的变化情况，分为有功日负荷曲线和无功日负荷曲线。它是调度部门制定各发电厂发电负荷计划的依据。图 1-10 (a) 为某系统的日负荷曲线，实线为有功日负荷曲线，虚线为无功日负荷曲线。为了方便计算，常把负荷曲线绘成阶梯形，如图 1-10 (b) 所示。负荷曲线中的最大值称为日最大负荷 $P_{\max}$ （峰荷），最小值称为日最小负荷 $P_{\min}$ （谷荷）。从图 1-10 (a) 可见，有功功率和无功功率最大负荷不一定同时出现，低谷负荷时功率因数较低，高峰负荷时功率因数较高。

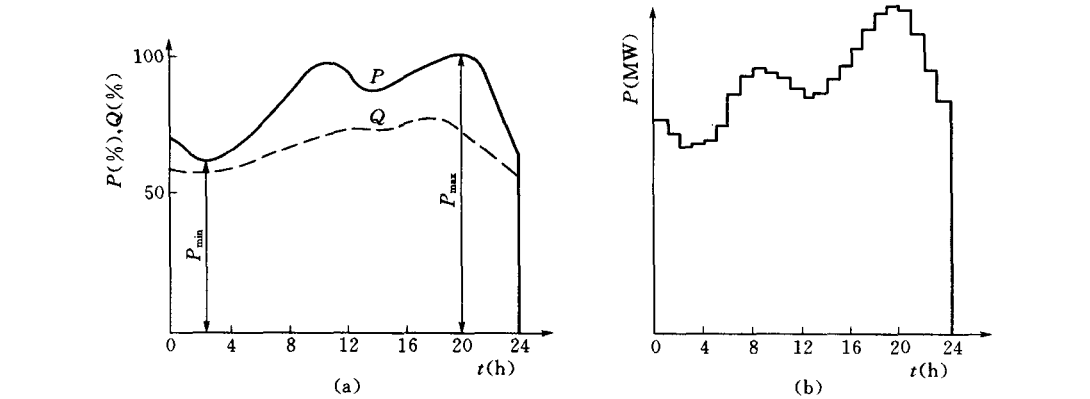


图 1-10 日负荷曲线

根据日负荷曲线可估算负荷的日耗电量，即

$$W_d = \int_0^{24} P dt \quad (1-1)$$

在数值上 W_d 就是有功日负荷曲线 P 包含的曲边梯形的面积。

不同行业、不同季节的日负荷曲线差别很大，如图 1-11 所示几种行业在冬季的有功日负荷曲线。钢铁工业属三班制生产，其负荷曲线 [图 1-11 (a)] 很平坦，最小负荷达最大负荷的 85%；食品工业属一班制生产，其负荷曲线 [图 1-11 (b)] 变化幅度较大，最小负荷仅达最大负荷的 13%；农村加工负荷每天仅用电 12 小时 [图 1-11 (c)]；市政生活用电有明显的用电高峰 [图 1-11 (d)]。由图 1-11 可见，各行业的最大负荷不可能同时出现，因此系统负荷曲线上的最大值恒小于各行业负荷曲线上最大值之和。

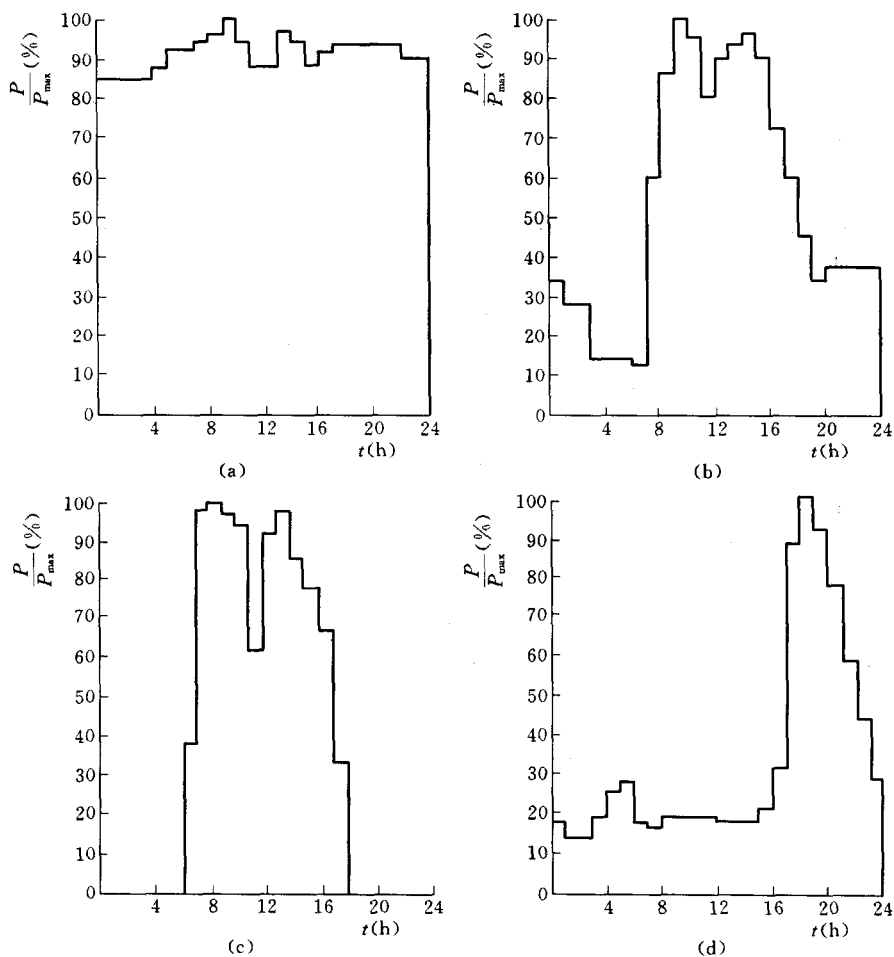


图 1-11 几种行业的有功功率日负荷曲线 (冬季)

(a) 钢铁工业负荷；(b) 食品工业负荷；(c) 农村加工负荷；(d) 市政生活负荷

2. 年最大负荷曲线

描述一年内每月电力系统最大综合用电负荷变化规律的曲线，为调度、计划部门有计

划的安排发电设备的检修、扩建或新建发电厂提供依据。如图 1-12 所示为某系统的年最大负荷曲线，其中阴影面积 A 为检修机组的容量与检修时间的乘积； B 为系统扩建或新建的机组容量。年持续负荷曲线如图 1-13 所示。

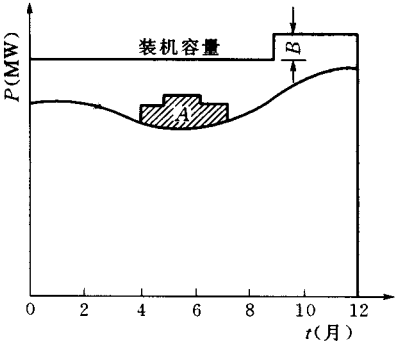


图 1-12 年最大负荷曲线

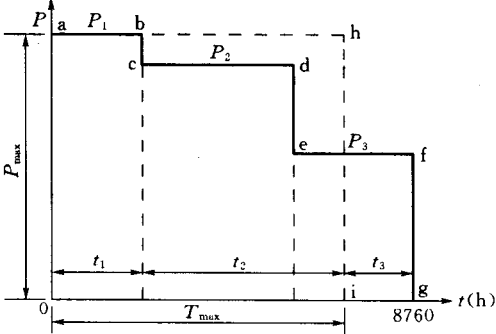


图 1-13 年持续负荷曲线

全年耗电量 W 在数值上等于曲线 P 包围的面积。如果负荷始终等于最大值 $P_{\max}$ ，经过 $T_{\max}$ 小时后消耗的电能恰好等于全年的实际耗电量，则称 $T_{\max}$ 为最大负荷利用小时数，即

$$T_{\max} = \frac{W}{P_{\max}} = \frac{1}{P_{\max}} \int_0^{8760} P dt \tag{1-2}$$

可见 $T_{\max}$ 表示全年用电量若以最大负荷运行时可供耗用的时间。因此在已知 $P_{\max}$ 和 $T_{\max}$ 的情况下，可估算出电力系统的全年耗电量

$$W = P_{\max} T_{\max} \tag{1-3}$$

各类用户的 $T_{\max}$ 值见表 1-3。

由于系统发电能力是按最大负荷需要再加上适当的备用容量确定的，所以 $T_{\max}$ 也反映了系统发电设备的利用率。

表 1-3 各类用户的 $T_{\max}$ 值

负 荷 类 型	$T_{\max}$ (h)
户内照明及生活用电	2000~3000
一班制企业用电	1500~2200
二班制企业用电	3000~4500
三班制企业用电	6000~7000
农灌用电	1000~1500

第五节 电力系统分析课程的主要内容

电力系统分析课程是“电力系统及其自动化”专业和“农业电气化及自动化”专业的主要专业课程，它系统的分析、讲述了电力系统各种运行状况下的分析计算方法和基本原理。它可分为两部分，即电力系统稳态分析和电力系统暂态分析。

电力系统的稳态是指电力系统正常的、相对静止的运行状态，而电力系统的暂态则指电力系统从一种运行状态向另一种运行状态过渡的过程。实际上，电力系统无时无刻不处在过渡过程中，但为了便于分析问题，作如上的划分是可行的，也是必要的。

电力系统稳态分析课程包括三个方面的内容，即电力系统的基本知识和等值网络；电力系统正常运行状况的分析计算和电力系统的经济运行；电力系统的有功功率——频率和无功功率——电压的控制和调整。

电力系统暂态分析课程包括对电力系统电磁暂态过程、机电暂态过程两大部分的分析。

电磁暂态过程主要与短路和自励磁有关，涉及电压、电流及功率角 δ 随时间的变化，这类过程持续时间较长。机电暂态过程主要与系统振荡、稳定性的破坏、异步运行等有关，涉及功率、功率角、旋转电机的转速等随时间的变化。这类过程持续时间最长。

波过程也属于电力系统暂态过程。波过程主要与运行操作或雷击时的过电压有关，涉及电流、电压波的传播，这类过程持续时间最短。关于波过程的讨论在高电压技术课程中分析。

需指出的是，电力系统的这三类暂态过程有时是相互关联的。例如，雷击造成短路而导致系统稳定性破坏的全过程中，既包括了波过程，也包括了电磁暂态过程和机电暂态过程。

小 结

本章主要阐明了以下几个问题：

- (1) 电力系统的定义及组成。
- (2) 电力系统运行的特点和对它的基本要求。
- (3) 电力系统的负荷曲线及其作用。
- (4) 电力网络各种结线方式的特点和适用范围。
- (5) 电力系统各元件额定电压间的配合关系。
- (6) 电力系统中性点的概念和分类，以及各种运行方式的优缺点和适用范围。
- (7) 电力系统分析课程的主要内容。