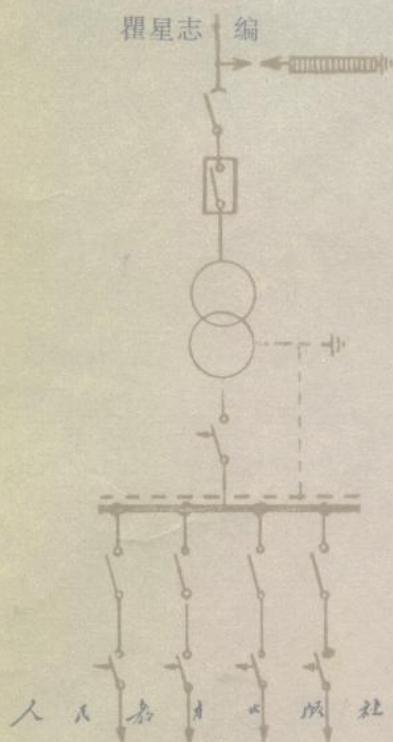


2

电工学教学小丛书

供电

瞿星志 编



28
9

73.28

93.2

电 工 学 教 学 小 丛 书

供 电

瞿 星 志 编

人 民 教 育 出 版 社

本书是1980年6月在成都召开的高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议拟定编写的电工学教学小丛书之一。可作为高等工科院校土建类工业与民用建筑专业电工学课程内容加深加宽的补充教材,也可供有关的工程技术人员参考。

本书主要阐述了供电的基本原理,介绍了供电的基本内容和设计知识,着重一次系统。全书共六章,包括基本概念、电力负荷的计算、变配电所、输电线路、防雷与接地、供电设计概念及其简单举例等。各章后附有复习思考和习题。

本书少用数学计算,偏重概念分析,注意联系工程实际和讲明电气对土建设计的基本要求,内容尽量少而精,文字力求简明通俗,便于读者自学。

本书初稿由天津大学姚海彬和李修恕二位老师审阅。

电工学教学小丛书

电
董星志 编

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

开本 787×1032 1/32 印张 5.25 字数 110,000

1981年10月第1版 1982年9月第1次印刷

印数 00,001—19,000

书号 15012·0358 定价 0.46 元

目 录

第一章 基本概念	(1)
第一节 发电厂	(1)
第二节 电力系统	(3)
第三节 电力网的电压	(8)
第四节 电力负荷分类和对供电的基本要求	(10)
复习思考题	(12)
习题	(12)
第二章 电力负荷的计算	(13)
第一节 工业与民用电力负荷的特征	(13)
第二节 计算负荷及其确定方法	(16)
第三节 功率损耗及供电系统总计算负荷的确定	(24)
复习思考题	(26)
习题	(26)
第三章 变配电所	(27)
第一节 变配电所的分类及位置、数量的确定	(27)
第二节 变电所的变压器容量和台数的确定	(30)
第三节 变配电所的电气主接线图	(31)
第四节 变配电所的主要电气设备	(36)
第五节 变配电所的布置、结构及对土建设计的要求	(48)
复习思考题	(60)
习题	(60)

第四章 输配电线路	(61)
第一节 概述	(61)
第二节 架空线路的结构和敷设	(64)
第三节 电缆线路的结构和敷设	(76)
第四节 车间和建筑设施低压线路的结构和敷设	(84)
第五节 导线和电缆截面的选择	(97)
复习思考题	(104)
习题	(105)
第五章 防雷与接地	(106)
第一节 雷电的形成、活动规律及其危害	(106)
第二节 建筑物的防雷等级和防雷措施	(108)
第三节 接地与接零	(115)
复习思考题	(123)
习题	(124)
第六章 供电设计概念及其简单举例	(125)
第一节 供电设计的组成和阶段	(125)
第二节 供电设计的步骤	(126)
第三节 设计简单举例	(128)
第四节 电子计算机辅助设计介绍	(147)
复习思考题	(150)
附录一 电气平面图常用图形符号	(151)
附录二 电气平面图常用文字符号	(152)
附录三 部分用电设备的需要系数和功率因数	(153)
附录四 SJL 1 系列 20~1000 kVA 电力变压器技术数据	(154)
附录五 导线最小允许截面	(157)

附录六	按环境条件选择常用导线型号及敷设方式	(158)
附录七	按环境条件选择常用电缆型号及敷设方式	(159)
附录八	橡皮绝缘导线与塑料绝缘导线允许载流量	(160)

第一章 基本概念

第一节 发电厂

电力是现代工业的主要动力。它具有取用方便，传送简单，能源广泛，价格低廉，便于自动化控制、调节和测量等许多优点。因此，在工农业生产和整个国民经济领域中得到广泛的使用，对社会主义现代化建设起着极为重要的作用。然而，电力究竟是怎样产生的呢？一提到这个问题，人们自然会想到是发电厂生产出来的。所以，发电厂就是将各种能源转换成电能的工厂。

按其被转换能源的不同，发电厂可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂，以及风力发电厂、沼气发电厂、潮汐发电厂、地热发电厂和太阳能发电厂等。

火力发电厂是利用燃料的化学能来转换成电能。燃料有固体（主要是煤）、液体（多为重油）和气体（主要是天然气）等三类。在我国，煤炭和石油的蕴藏量极其丰富，火力发电厂的燃料以燃煤为主。重油成本较高，但发热量也高，有条件和必须采用的地方可以采用它。按其原动机的不同，火力发电厂又可分为汽轮机发电厂、内燃机发电厂、蒸汽机发电厂和燃气轮机发电厂。汽轮机发电厂适用于大中型发电厂，它是先把燃煤（煤粉或煤块）送入锅炉充分燃烧，产生热能使锅炉里的水变成具有一定压力和一定温度的蒸汽，然后蒸汽通过管道推动汽轮机转子以每分钟一定的速度旋转，

去带动连接在同一轴上的发电机旋转，从而发出电来。为了提高综合经济效益，有的火力发电厂不仅发电而且供热，这种兼供热的火力发电厂，叫做热电厂。热电厂应建设在热用户附近，因为供热蒸汽和热水不能输送太远。蒸汽机和内燃机发电厂，多用于小城镇、农村和野外建筑施工用电，其容量较小。燃汽轮机是用重油、煤粉等为燃料，在机内进行直接燃烧，用它来作为原动机带动发电机而发电。目前世界上已经投入运转的双轴汽轮发电机组，其容量为130万千瓦。我国在汽轮发电机制造方面已造出了30万千瓦的汽轮发电机组，现正在研制更大容量的机组。

水力发电厂是利用河流从上游到下游水流的位能变化，将水能转换成电能。通常建立在河流、峡谷及水库旁边。原动机为水轮机，靠水力推动水轮机旋转，水轮机再带动发电机发电。水力发电厂的容量与落差（水头）的大小以及水的流量成正比。在河水流量一定时，为了得到大的发电量，必须人工集中落差。因此，按集中落差方法的不同，水力发电厂可分为坝后式、引水式、混合式等几种。水力发电厂的发电成本比火力发电厂低得多，生产过程比较简单，检修工作量也较小，运行人员也较少；但建设水电厂投资较大，工期较长。我国水力资源十分丰富，达伍亿多千瓦，占世界第一位。建国以来，建立了一批大中型水力发电厂和大量的小型水电站，已生产出30万千瓦的大型水轮发电机组。

原子能发电厂基本上和一般火力发电厂的基本原理相同，不同之处是以原子反应堆和蒸汽发生器代替了锅炉设备，以“原子燃料”代替了煤炭。原子能发电厂与一般火力发电厂相比，所消耗的燃料极少，核能要比化学能大得多，

尽管原子能发电厂投资较大，但发电成本只为烧煤的火力发电厂的 60~70%，它受到人们的极大重视。目前世界上建成的原子能发电厂有二百多个，容量达 1 亿千瓦之多。

以上所述常规火力发电厂和原子能发电厂，都是先将燃料的化学能或原子能转换成热能（蒸汽），再去推动汽轮机带动发电机发电，经几次转换后，效率很低。因此，人们一直在研究由化学能直接转换成电能的新的发电方式。这种新技术有磁流体发电和燃料电池等。例如，磁流体发电是利用化学原料燃烧时产生的摄氏二千度以上的高温导电气体（或利用核反应堆产生的热能），高速通过磁场，而产生感应电动势，转换成为电能。高温气体排出之后，还可以再进行利用，通过燃汽轮机或锅炉产生蒸汽用来发电。这种联合发电方式，其热效率可由一般火力发电厂的 30~40%，提高到 55~60%。我国对磁流体发电新技术也正在研究中。

第二节 电力系统

一、电力系统

为了充分合理地利用动力资源，做到技术经济合理，缩短燃料的运输距离，降低发电成本，所以，火力发电厂一般应建设在燃料资源产地附近，而水力发电厂应建设在有水力资源的地方。但是，这些发电厂往往离用电中心地区很远，必须进行高压远距离输电，所以在发电厂要升压，而到用电地区则要降压。

如果各个发电厂孤立地向用户供电，则可靠性不高。当某个电厂发生故障或停机检修时，那个地区将被迫停电。在这种孤立电厂供电的情况下，若要提高供电的安全连续性，

则每个孤立的发电厂都要设置一套备用机组，这是很不经济的。

因此，有必要将各种类型发电厂的发电机、变电所、输电线、配电设备和用电设备联系起来组成一个整体。这个整体称为电力系统。建立电力系统有如下的优点：

1. 提高供电的可靠性。不会因个别发电机故障而导致用户停电，并能有计划地安排设备轮流检修，以确保安全运行。
2. 实现最经济运行。可以根据季节的不同，充分发挥

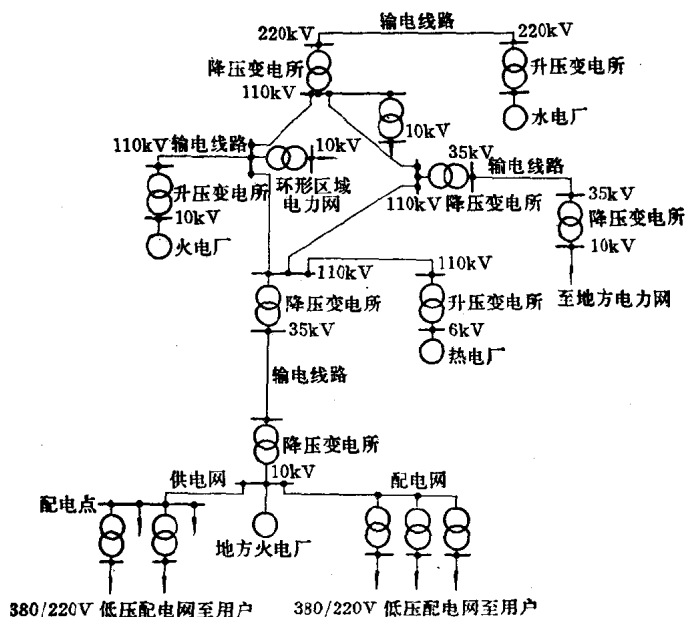


图 1-1 电力系统接线图

水电、火电的作用，合理调配各发电厂的负荷，丰水季节尽量使水电厂多发电，节省火电厂的燃料，从而降低发电成本。同时，采用电力系统供电可以减少线路损失，使发电厂的负荷变化减小，效率提高，供电质量也可提高。

3. 提高设备利用率，减少整个地区的总备用容量。

图 1-1 所示为一电力系统接线图。

图 1-2 所示为从发电厂到电力用户的输配电过程示意图。

二、电力网

由各种不同电压的输配电线路和变电所所组成的电力系统的一部分，称为电力网。电力网的任务是输送和分配电能，即把由各发电厂发出的电能经过输电线传送并分配给用户。因此，必须将不同电压的送电线路通过变电所连接起来，这样在变电所中就要装设变压器等电气设备，以便进行变压（升压或降压）、调压、控制和测量。

电力网按其电压、用途和特征可分为：直流电力网和交流电力网，低压电力网和高压电力网，城市、工矿电力网和农村电力网，户外电力网和户内电力网等。

通常为了便于分析研究，把电力网分成区域电力网和地方电力网。电压在 35 千伏以上、供电区域较大的电力网叫区域电力网，电压在 35 千伏以下、供电范围不太大的电力网叫地方电力网。至于 35 千伏的电力网，可属于区域电力网，也可属于地方电力网。

如果电能由电源侧直接引向用户变电所，则这种电力网叫配电网。如果电能先从电源侧送到供、配电中心，然后从供、配电中心再引出配电网，则这种电力网叫供电网。

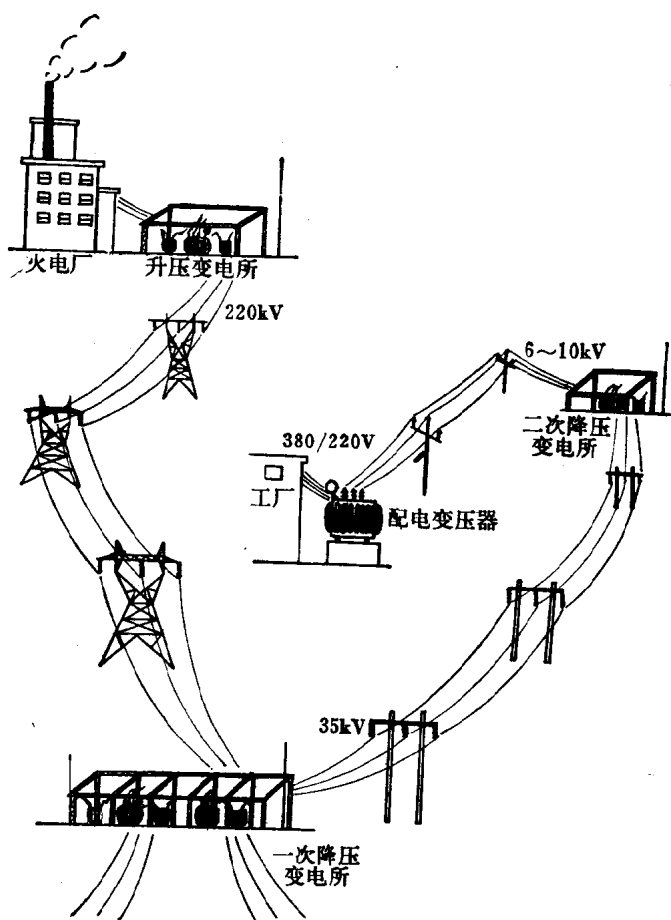


图 1-2 从发电厂到电力用户的输配电过程示意图

三、工业与民用供电系统

小型工业与民用建筑设施的供电，一般只需设立一个简单的降压变电所，电源进线为 6~10 千伏，降为低压 380/220

伏，其供电系统图如图 1-3 所示。当用电负荷在 100 千瓦以下时，通常采用 380/220 伏低压供电，只需设立一个低压配电室即可。

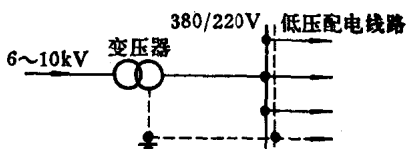


图 1-3 小型工业与民用建筑设施供电系统

中型工业与民用建筑设施的供电，一般电源进线为 6~10 千伏，经高压配电所，再由 6~10 千伏高压配电线将电能送到各车间或建筑物变电所，降为 380/220 伏低压，供给用电设备。如图 1-4 所示。

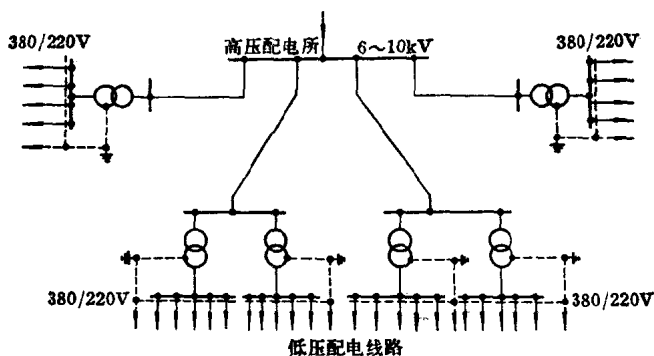


图 1-4 有高压配电所的中型工业与民用建筑设施供电系统

大型工业与民用建筑设施的供电，如对某一大型工厂（或包括若干个中型工厂和民用建筑设施用电），电源进线电压一般为 35 千伏或 35 千伏以上，需经两次降压，第一次先将 35 千伏或 35 千伏以上的电压降为 6~10 千伏，然后用高压配电线送到各车间或用电地点的变电所，再降为 380/220 伏电压，如图 1-5 所示。但也有的工矿，直接由 35 千伏电

压一次降为低压的。

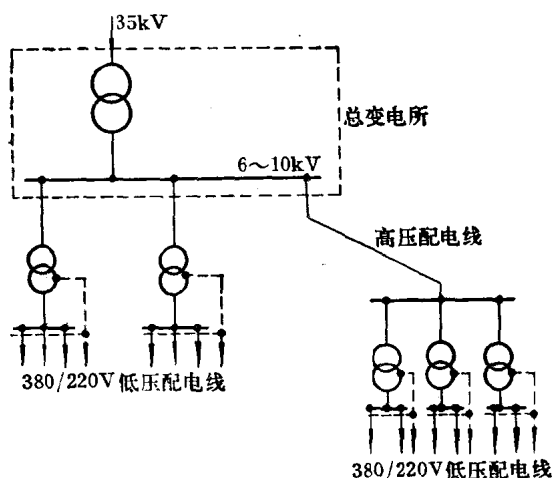


图 1-5 有总变电所的大型工业与民用建筑设施供电系统

第三节 电力网的电压

电力网的电压等级是比较多的，不同的电压等级有不同的作用。从输电的角度看，电压愈高则输送的距离就越远，传输的容量就越大，电能的损耗就越小；但电压越高，要求绝缘水平也越高，因而投资造价也越高。从用电的角度看，考虑到人身安全和降低用电设备制造成本，希望电压低一些好。

对电气设备，习惯上把电压在 1 千伏及以上的称为高压，1 千伏以下的称为低压。所谓低压，是相对高压而言，这样区分，决不表明它对人身没有危险。一般把 3、6、10 千伏等级的电压叫配电电压，把高压为这个电压等级的降压

变压器叫配电变压器。接在 35 千伏及其以上电压等级的变压器叫主变压器。

对城镇和工业与民用建筑设施的供电，一般多采用 6~10 千伏电力网，从技术经济上来看，最好采用 10 千伏。对大型供电系统或负荷密度（每平方公里负荷量）大的城市，可采用 35 千伏或更高电压作为配电电压深入负荷中心。电动机、电热等用电设备的供电电压，一般采用三相 380 伏和单相 220 伏，大功率电动机采用 3 千伏、6 千伏或 10 千伏。照明用电一般采用 380/220 伏三相四线制，电灯接在 220 伏相电压上（个别地区还采用 110 伏的照明电压）。380/220 伏三相四线制低压供电系统，如图 1-6 所示。

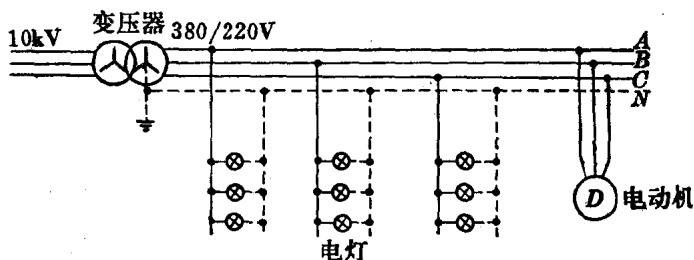


图 1-6 380/220V 三相四线制动力与照明共用一台降压变压器

按照技术经济原则，根据我国国民经济的发展情况，国家对电压等级作了统一规定，称为额定电压等级，作为国家标准。在此就不详细介绍了。

电力网的额定电压与该线路直接的受电设备的额定电压相等。电力网中电压的变化见图 1-7 所示。

发电机额定电压应高于电力网额定电压 5%。如图 1-7 上部，发电机 F 额定电压为 400 伏，高于电力网额定电压

380 伏的 5%。因为电力线路容许电压偏移为 $\pm 5\%$ ，这样，在线路电压降落 10% 之后，仍保持线路平均电压为额定值 380 伏。

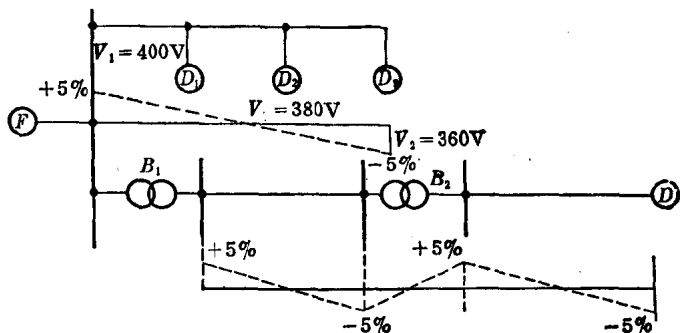


图 1-7 电力网中电压的变化

在图 1-7 中，变压器 B_1 的一次线圈与发电机直接相连，其一次线圈的额定电压应等于发电机额定电压。变压器 B_2 的一次线圈的额定电压应等于电力网的额定电压。变压器 B_1 的二次线圈额定电压应高于电力网额定电压的 10%，因为变压器额定运行时，其线圈内部约有 5% 的阻抗压降，另外 5% 用以补偿线路上的电压降落。变压器 B_2 的二次线圈额定电压，如采用低压配电或直接供给用电设备，低压线不长，线路上电压降不大，故只需考虑补偿变压器内部 5% 的阻抗压降即可。

第四节 电力负荷分类和对供电的基本要求

电力网上用电设备所消耗的功率称为电力负荷。按其重要性及对供电可靠性的要求，电力负荷可分为以下三类：

第一类负荷：中断供电会造成人身伤亡，造成国民经济

重大损失、损坏生产中重要设备、破坏复杂的工艺过程、使生产长期不能恢复或产生大量废品，以及破坏重要交通枢纽、重要通讯设施、重要宾馆、有重大政治意义的建筑物和常用于国际活动的公共场所的正常工作秩序，从而造成政治上和经济上的重大损失者，为第一类负荷。

第二类负荷：如中断供电会造成国民经济较大损失，损坏生产设备，产品大量减产，生产停顿较长时间才能恢复，以及影响交通枢纽、通讯设施等的正常工作和造成大城市、重要公共场所如大型体育馆、大型影剧院等的秩序混乱者，为第二类负荷。

第三类负荷：除上述一、二类外的一般负荷，均为第三类负荷。如生产单位一般的辅助车间、一般的小型加工房以及小城镇及农村的照明负荷等。

根据上述电力负荷的性质，对供电提出的基本要求如下：

第一类负荷：要求采用两个独立的电源供电。所谓“两个独立电源”，是指其中任一个电源发生事故或因检修而停电时，不致影响另一个电源继续供电，以保证供电的连续性。

第二类负荷：要求采用双回路供电，即由两条线路供电（包括工作线路、备用和联络线路）。在条件不允许采用双回路时，则允许采用6千伏及以上专用架空线路。是否设置备用电源，要经过技术经济比较，如中断供电造成的损失大于设置备用电源费用时，应设置备用电源，否则允许采用一个独立电源供电。

第三类负荷：供电无特殊要求，这类用户供电中断时影响较小，但在不增加投资的情况下也应尽力提高供电的可靠性。