

全国中等职业技术学校电工类专业

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO DIANGONGLEI ZHUANYE

企业供电系统及运行课 教学参考书

与《企业供电系统及运行（第四版）》配套

 中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校电工类专业

企业供电系统及运行课 教学参考书

与《企业供电系统及运行（第四版）》配套

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

企业供电系统及运行课教学参考书/张祥军编著. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007

ISBN 978-7-5045-6501-3

I. 企… II. 张… III. 工业用电-电力系统运行-专业学校-教学参考资料 IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 133076 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

煤炭工业出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 大 32 开本 3.875 印张 94 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

定价: 9.00 元(本书附光盘)

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

目 录

第一章 概 论	(1)
§ 1—1 电力系统的基本概念	(1)
§ 1—2 电力系统的电压	(3)
§ 1—3 电力系统的中性点运行方式	(5)
§ 1—4 企业常见的电气设备	(7)
第二章 企业供电系统	(9)
§ 2—1 企业变配电站的作用和类型	(9)
§ 2—2 企业变配电站的主接线	(11)
§ 2—3 企业变配电站的运行管理	(12)
§ 2—4 电力负荷及其计算	(13)
第三章 企业电力线路	(15)
§ 3—1 企业电力线路的接线方式	(15)
§ 3—2 企业电力线路的结构和技术要求	(17)
§ 3—3 导线和电缆截面的选择	(19)
§ 3—4 电力线路的运行与维护	(20)
第四章 企业供电系统主要电气设备	(22)
§ 4—1 高压一次设备	(22)

§ 4—2	低压一次设备	(24)
§ 4—3	电力变压器	(26)
§ 4—4	电压互感器与电流互感器	(28)
§ 4—5	电气设备的选择	(29)
§ 4—6	主要电气设备的运行与维护	(30)
第五章	短路电流及其计算	(32)
§ 5—1	短路的基本知识	(32)
§ 5—2	无限大容量电力系统的短路	(33)
§ 5—3	短路电流的计算	(34)
第六章	企业供电系统的保护及其二次回路	(37)
§ 6—1	保护装置的作用及对其要求	(37)
§ 6—2	常用的保护继电器	(38)
§ 6—3	高压电力线路继电保护	(40)
§ 6—4	变压器继电保护	(41)
§ 6—5	低压配电系统的保护	(43)
§ 6—6	变配电站的操作电源与自动装置	(45)
§ 6—7	变配电站的控制和信号回路	(47)
第七章	变电站的综合自动化简介	(50)
§ 7—1	变电站综合自动化系统的特点和主要内容	(50)
§ 7—2	变电站综合自动化的结构形式	(53)

第八章 电气安全、防雷与接地	(55)
§ 8—1 电气安全	(55)
§ 8—2 大气过电压与防雷	(57)
§ 8—3 电气设备接地	(60)
第九章 企业的电能节约.....	(62)
§ 9—1 节约用电的意义和措施	(62)
§ 9—2 电动机与变压器的节能	(64)
§ 9—3 提高企业供电系统的功率因数	(66)
第十章 电气照明.....	(69)
§ 10—1 照明基本知识	(69)
§ 10—2 常用的电光源和灯具	(71)
§ 10—3 照明供电系统及其选择	(73)
《企业供电 (第四版) 习题册》 参考答案	(75)

第一章 概 论

学时分配	
节次	学时数
§ 1—1 电力系统的基本概念	2
§ 1—2 电力系统的电压	4
§ 1—3 电力系统的中性点运行方式	4
§ 1—4 企业常见的电气设备	2
总计	12

§ 1—1 电力系统的基本概念

主要知识点：发电厂的概念；常见几种发电厂的基本发电形式和能量转换过程；电力系统的概念；对电力系统的基本要求。

重点：发电厂和电力系统的概念。

发电厂是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能（二次能源）的工厂。而电力系统是由发电厂、电力网和电力用户所组成的一个发电、变电、输电、配电、用电的整体。

企业及人们生活所需要的电能，绝大多数是由电力系统供给的。

目前，我国接入电力系统的发电厂主要有火力发电厂、水力发电厂和核能发电厂。

常见几种发电厂的能量转换过程的简单分析见教材的分析过程。

电能是优质的二次能源，容易控制、无污染；以电能作为动力，可以提高各行各业的自动化水平，促进技术进步，从而提高劳动生产率。

难点：电力系统的概念就是从电能的生产、输送、分配到使用的全过程的整体概念。另外，电力生产过程中，不但要力求经济，还要保证电能质量。电力生产是大规模集中生产，不但要尽量提高一次能源的利用率，还要使发电、输电、变电、配电和用电过程中自用电率和损失率最低，保证向用户提供电压稳定、频率稳定的优质电能。

注意：安全、可靠、优质、经济是贯穿企业用电的“八字方针”。

在企业供配电系统中，人、设备的安全永远是第一位的；可靠性是一切技术的保障；保证电能质量是优质性的表现；在保证技术的前提下尽量提高经济性。

教学交流：讲发电厂时，应强调火力发电厂、水力发电厂和核电厂仍然是各种发电厂的主流。可列举我国三峡水电厂、大亚湾核电厂以及新疆的达坂城风电厂等实例。

讲电力系统时，应重点说明企业供电系统只是庞大电力系统的一小部分。强调“八字方针”中安全最重要。

拓展：与电力系统相关联的还有“电力网络”和“动力系统”。电力网络或电网是指电力系统中除发电机和用电设备之外的部分，即电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变电站；动力系统是指电力系统加上发电厂的“动力部分”，所谓“动力部分”是指包括水力发电厂的水库、水轮机，热电厂的锅炉、汽轮机、热力网和用电设备以及核能电厂的反应堆等。所以，电力网络是电力系统的一个组成部分，而电力系统又是动力系统的一个组成部分。

现在各国建立的电力系统越来越大，甚至建立跨国的电力系统。建立大型电力系统，可以更经济合理地利用动力资源，减少电能损失，降低发电成本，保证供电质量，并大大提高供电可靠性，有利于整个国民经济的发展。

目前，世界各国都把电力工业的发展速度和电能消耗占总能源消耗的比例作为衡量一个国家现代化水平的重要标志。

§ 1—2 电力系统的电压

主要知识点：额定电压的定义；额定电压的国家标准；电网、用电设备、发电机以及变压器的额定电压；高、低压配电电压的选择原则；高压配电电压深入企业各负荷中心的概念。

重点：明确额定电压的概念非常重要，教材中额定电压的定义非常明确。可以列举白炽灯在电压过高时，其寿命降低；而电压过低时，发光率降低的例子说明。

国家规定电力系统中不同类型电气设备的额定电压是不同的。

我国采用的工业频率，简称“工频”，指的是交流 50 Hz 的概念。

高压配电电压选择时所遵循的原则：主要取决于当地电源电压及企业高压用电设备的电压、容量和数量等。

低压配电电压选择时所遵循的原则：一般采用 220/380 V，其中线电压 380 V 接三相动力设备和 380 V 的单相设备，相电压 220 V 接一般照明灯具和 220 V 单相设备，某些特殊场合采用 660 V 配电电压；高压配电电压深入企业各负荷中心的优点是可以节省一级中间变压，简化供电接线，节省有色金属；按目前形势的发展，提高低压配电电压是必然的发展趋势。

难点：解释教材表 1—1 中各类电气设备额定电压的出处。

可用一例题来解析不同类型电气设备额定电压的确定方法。
例题为：“试确定如图所示各电气设备的额定电压”（配图）。

对于某一截面的线路，当输电电压越高时，其输送功率越大，输送距离越远；但是电压越高，绝缘材料所需的投资也相应增加，因而对应一定输送功率和输送距离，均有相应技术上的合理电压等级。同时，还需考虑设备制造的标准化、系列化等因素。因此，电力系统额定电压等级不宜过多。

注意：在讲到变压器二次绕组额定电压时，注意首先强调变压器二次绕组额定电压的定义，然后才能说明变压器二次由空载到有负载时，在二次绕组内部降5%左右的电压的道理。

在教材表1—2中，为什么发电机出口电压为6.3 kV和10.5 kV的最多，最高到20 kV、22 kV、24 kV、26 kV？这是受到电机绝缘水平限制的缘故。

教学交流：必须明确什么是“额定电压”。

电压质量是电能质量的重要指标。

在确定各个电气设备（如：发电机、变压器、电力线路等）的额定电压时，通过几个例题边分析、边确定，可起到好效果。

在现代企业中，35 kV或66 kV作为高压配电电压深入企业各车间负荷中心的情况也不少见。

拓展：

1. 世界各国和地区的部分额定电压和额定频率，如110 V、127 V、220 V、240 V等以及50 Hz、60 Hz等。
2. 国家标准的使用。
3. 在我国特高压电压（交流1 000 kV和直流±800 kV）工程项目已经启动。

§ 1—3 电力系统的中性点运行方式

主要知识点：小接地电流系统和大接地电流系统的概念；在我国哪些电压等级对应中性点不同的运行方式；消弧线圈的作用；正常对地电容电流和接地电流的概念；三种接地方式在单相接地时的不同表现。

重点：中性点不接地系统和经消弧线圈接地系统在正常和单相接地时的相量图分析。“中性点不接地系统发生单相接地时，接地相电压为零，未接地相电压升高，线电压不变，接地电流是正常对地电容电流的 3 倍，并可以短时间运行。”这一结论：一是重要，二是在单相接地故障判别时还要用到。

电源中性点经消弧线圈接地的原因是为了减少接地电容电流；为什么在 110 kV 及以上的高压、超高压系统采用中性点直接接地的运行方式呢？主要考虑若电源中性点采用不接地（或经消弧线圈接地）方式，一旦发生单相接地，未接地相电压升高，对高电压系统的绝缘威胁更大。

难点：中性点不接地系统在正常和单相接地时的相量图分析过程和结果，用图解方法推导：即用正常时的相量图和发生单相接地时的相量图来对比相电压、线电压的变化情况；在相量图上，用正常对地电容电流和发生单相接地后的接地电容电流画出发生单相接地时的接地电流与用正常对地电容电流之间的 3 倍关系。

注意：三种运行方式的区别和我国三种接地方式所适用的电压等级范围在教材中已经描述清楚，帮助学生与熟悉的企业对号；中性点不接地系统在正常和单相接地时，相量图分析和公式推导过程一致的结论。

教学交流：中性点是指发电机或变压器的中性点；运行方式

指的是接地方式。

用相量图法将正常时相电压、正常对地的电容电流画出来，再用相量图法将发生单相接地时的相电压、两相对地电流画出来。通过相量图对比相电压、线电压的变化情况，再用正常对地电容电流和发生单相接地后的对接地电容电流，画出发生单相接地时的接地电流与用正常对地电容电流之间的 3 倍关系。

一般情况下，在系统发生单相接地故障时，给予报警信号，提醒供电值班人员注意，以便及时处理。

拓展：在企业供电系统中，中性点不接地系统发生单相接地时的故障判别方法。

传统的方法是采用二次侧接成开口三角形的三相五芯电压互感器进行测量。当系统发生单相接地故障时开口三角形端将出现将近 100 V 的零序电压，使电压继电器动作发出声光报警信号。一般值班人员通常还要通过“顺序拉闸法”寻找故障线路。这不仅操作复杂，对开关寿命也有影响，而且会造成不必要的停电损失。

应用微机进行故障检测，同样可以采用顺序拉闸的方法。微机平时监视零序电压，当发生单相接地故障、零序电压升高时，用微机发出命令将一回线路跳开；若零序电压未消失，则重新合上开关，接着再跳开另一回线路开关；若零序电压未消失，就可以判断该回路为接地线路。这种方法实质上是把手动切除线路的操作由微机来完成，因此仍不够理想。

目前，在变电站综合自动化故障检测系统中，已采用微机单相接地选线方法，可以在不对线路拉闸停电的情况下，找到接地故障点，详细内容可参看有关书籍。

§ 1—4 企业常见的电气设备

主要知识点：暂载率的定义；持续（长期）运行工作制、反复短时工作制和短时工作制的概念；企业电气设备的主要特征、运行特点以及对供电的要求等。

重点：分清持续（长期）运行工作制、反复短时工作制和短时工作制，明确三种工作制的定义；启发学生认识企业中较常见的电气设备的特点，并且应该知道都属于哪种工作制；掌握和牢记暂载率的定义等。

难点：先明确反复短时工作制的定义，然后列举桥式起重机（天车）的简单结构，强调驱动大车、小车、主钩和副钩的 5 台电动机在起重重物时各电动机的工作情况。得出结论就是要明确反复短时工作制。

各种工作制设备的需用系数、功率因数及负荷稳定性等参数对以后相关学习内容十分重要。

目前，工业企业广泛使用的空气压缩机、通风机、水泵、破碎机、球磨机、搅拌机、制氧机以及润滑油泵等机械的拖动电动机，不论功率大小和电压高低，一律配用三相交流电动机，它们均属于恒速持续运行工作制的用电设备，需要系数都较高，功率因数也比较高而且也很稳定，属于供电系统的稳定用户。

矿井提升机、高炉卷扬机、各类轧钢机的主传动以及各类吊车起重机等的拖动电动机，其工作运转时间与停转或空转时间相互交替，属于反复短时工作制的用电设备。它们的需要系数较低，功率因数也偏低，对供电系统属于不良用户。

在工业企业广泛使用的电弧炉、电阻炉和感应电炉中，电弧炼钢炉属于大容量用电设备，由于在起始熔炼期间负荷波动很大，能引起电网电压的波动。电弧炉的负荷性质基本上接近于阻

性，故功率因数较高。电阻炉多用于加热金属或对金属进行热处理，负荷性质比较稳定，需要系数较高，功率因数很高。感应电炉在熔炼期间负荷波动较大，需要系数较高，但功率因数低，必须采取有效的改善措施。

注意：企业中有很多电气设备的运行特征各不相同，关系到确定供电技术和供电措施等问题。

教学交流：讲授这部分内容时，应分别举出持续（长期）运行工作制、反复短时工作制和短时工作制设备各两例，以求更好的效果。

拓展：家用电器中是否也有工作制问题？若有，三种工作制中，启发学生分别举例说明。

第二章 企业供电系统

学时分配	
节次	学时数
§ 2—1 企业变配电站的作用和类型	1
§ 2—2 企业变配电站的主接线	4
§ 2—3 企业变配电站的运行管理	4
§ 2—4 电力负荷及其计算	6
总计	15

§ 2—1 企业变配电站的作用和类型

主要知识点：变电站、配电站的概念、作用；变配电站的类型及特点；企业中总降压变电站和车间变电站的概念、特点和作用，企业中总降压变电站和车间变电站的区别。

重点：变电站、配电站（有时叫开关站）的作用与区别，主要是变电站既能起到电压变换的作用又能分配电能。而配电站（有时叫开关站）因为没有变压器，因此只起到分配电能的作用。

讲清楚大、中型企业中总降压变电站和车间变电站的作用和区别，如电压等级、变压器台数和容量、主接线、开关设备规模与容量、继电保护种类、自动化程度等。

难点：企业总降压变电站用于电源电压为 35 kV 及以上的

大中型企业。它是从电力系统接受 35 kV 及以上电压的电能后，由主变压器把电压降为 10 kV，经 10 kV 母线分别配电到各车间变电站。这种变电站一般都是独立的。

高压配电站用于高压电能（一般为 10 kV）的接受和分配。无总降压变电站的高压配电站一般为独立的；有总降压变电站的高压配电站一般附设于总降压变电站内。

企业中总降压变电站和车间变电站的作用和区别，可以用总降压变电站的供电系统图和车间变电站的供电系统图对比的方法来说明；车间变电站的概念特点及应用可以用身边车间变电站的例子来说明。

注意：企业中总降压变电站和车间变电站的主要区别为：电压等级、变压器台数和容量、主接线、开关设备规模与容量、继电保护种类、自动化程度等。

教学交流：利用认识实习、生产实习或参观变电站时的机会，对企业中总降压变电站和车间变电站进行了解，比单纯讲授书本知识要好。

拓展：箱式变电站又称成套变电站或组合式变电站。箱式变电站是一种把高压开关设备、配电变压器和低压配电装置按一定接线方案在工厂预制成型的户内、户外紧凑式的配电设备。

箱式变电站目前发展很快，它具有成套性强、选址灵活、安装方便、结构简单、经济实用、占地面积小、技术先进、自动化程度高等一系列优点。使学生了解新型变配电站（具有综合自动化设备的变电站或无人值班变电站）的现状及其发展趋势。如果条件允许，可以组织学生参观综合自动化变电站或无人值班变电站。

§ 2-2 企业变配电站的主接线

主要知识点：主接线的概念、组成和作用；单母线接线、双母线接线的概念；母线及母线分段的概念；双母线接线与单母线的区别；内、外桥主接线的概念；各种主接线的结构、灵活性、可靠性以及适用场合等。

重点：变电站的主接线基本要求是安全、可靠、灵活、经济。企业变电站常用的主接线基本形式有：双回路电源、线路—变压器组、母线、桥式接线等，根据负荷性质和电源进线，可衍生出各种形式的主接线。有一、二级负荷时采用双回路电源进线，变压器也应该有两台或两台以上。双回路电源进线高压侧单母线分段的主接线以及桥式接线，可靠性高且操作灵活。线路—变压器组接线适用于三级负荷，可靠性不高，但接线简单、经济。单电源进线时，母线不分段，灵活性差、可靠性不高。

变电站的主接线的组成和作用；常见主接线的组成、特点（灵活性和可靠性）及适用场合；桥式主接线。

难点：以书上的各种主接线图为对象，先从简单的主接线开始，从组成、可靠性、灵活性、经济性、适用场合等方面讲授，然后以线路—变压器组主接线图为例讲授，最后再从以上几个方面讲解桥式主接线。以主接线为例，逐一介绍有关的技术术语、技术参数以及电气设备的型号、文字、图形符号等，使学生比较全面地了解和掌握企业中常见的各种主接线。

注意：各种不同的主接线的经济性、灵活性、可靠性及适用场合是不同的。

教学交流：比较仔细地讲解线路—变压器组单元主接线、单母线分段主接线、一次侧采用内桥式接线而二次侧采用单母线分段主接线和一次侧采用外桥式接线而二次侧采用单母线分段主接