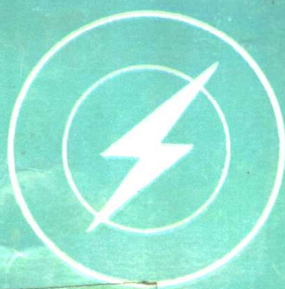


中央广播电视大学教学用书

工厂 供电

黄纯华 刘维仲 编著



天津大学出版社

中央广播电视大学教学用书

工厂供电

黄纯华 刘维仲 编著

天津大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍工厂企业供电系统设计和安全、经济运行的基本理论及工程实用的设计计算方法与运行维护的基本知识。

全书共分十二章，主要包括：电力负荷计算；电气主接线；短路电流计算；电气设备原理、性能及选择；主要电气设备的继电保护、控制与信号系统；工厂照明；防雷与接地；节约电能与无功补偿的基本方法；高层建筑供电设计及变电所的运行管理与保安措施等。每章后都附有思考题和习题。

本书为中央广播电视大学电气工程类专业教材。也可供高等工科院校和中等专业学校以及职工大学、业余大学和函授大学电气工程类专业师生阅读，还可供工矿企业和有关单位从事工厂供电系统设计和运行管理的工程技术人员参考。

中央广播电视大学教学用书

工 厂 供 电

黄纯华 刘维仲 编著

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省昌黎县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本：787×1092毫米1/16 印张：22¹/₂ 字数：540千字

1933年11月第一版 1995年10月第六次印刷

印数：27001—32000

ISBN 7-5618-0046-0

TM·C 定价：19.80元

前 言

本书是根据中央广播电视大学(87)电校电字001号文件的要求,为电气工程类专业编写的教材。由天津广播电视大学根据此书录制教学录像带。此课程计划讲授54学时,与此教材同时出版的《工厂供电设计与实验》为本课程辅助教材,可供有条件的学校选用,计划约需20学时。

为满足工厂企业供配电系统的科研、设计和运行的需要,本书重点介绍供配电系统的基本知识、基本理论及工程实用设计计算方法和运行维护的常识等。在介绍中特别注意结合我国现行供配电设计与运行规范的有关规定。通过学习可使学员能系统地掌握上述知识,并初步具有实际工程设计和运行的基本技能,以及独立分析和解决供配电技术问题的能力。

考虑到广播电视大学的要求和电视授课的特点,在内容编排上本书注重加强理论教学与工程实际的有机联系。力求做到少而精,重点突出,新而实用。在叙述上力求深入浅出,多用实例进行讲解,略去一些理论推导和证明。为便于自学,书中所需的预备知识,在用到处多先进行复习和回顾,因此本书基本上自成体系。本书除可作为电大教学用书外,还可供高等工科院校、中等专业学校和职工大学、函授大学电气工程类专业的师生阅读,也可供从事供配电系统设计、运行及管理的工程技术人员参考。

全书共十二章,天津大学刘维仲副教授编写第四、六、七章,天津广播电视大学孙亦昌和夏国平同志分别编写第九章和第十章,天津大学李渝生高级工程师编写第十一章,其余各章由天津大学黄纯华副教授编写,并对全稿进行了整理和统一。全部书稿由天津大学王荣藩副教授审阅。

本书在编写过程中,自始至终得到天津广播电视大学电气工程系老师们的关心、支持和帮助,在此谨向他们深表谢意。

由于水平有限,加之编写时间仓促,书中一定会有错误和不妥之处,欢迎读者指正。

编著者 1988年3月

TA007/07

目 录

第一章 绪论..... 1

§ 1-1 电力系统的基本概念..... 1

- 一、电力系统
- 二、电力系统运行的特点和要求

§ 1-2 电力系统额定电压..... 4

- 一、额定电压等级
- 二、各种电压等级的适用范围

§ 1-3 工厂供电系统的组成..... 7

- 一、电源系统 (外部系统)
- 二、变、配电系统 (内部系统)

§ 1-4 工厂供电设计的基本知识..... 8

- 一、扩大初步设计阶段
- 二、施工图设计阶段

* 三、工厂供电系统设计程序

思考题11

习题11

第二章 电力负荷计算.....12

§ 2-1 负荷计算目的与负荷分级.....12

- 一、电力负荷与电量
- 二、负荷计算的内容和目的
- 三、电力负荷的分级及其对供电的要求

§ 2-2 负荷曲线与计算负荷.....13

- 一、负荷曲线
- 二、与负荷计算有关的几个物理量
- 三、计算负荷定义

§ 2-3 计算负荷的实用计算方法.....18

- 一、设备容量的确定
- 二、按需用系数法确定计算负荷
- 三、按二项式法确定计算负荷
- 四、计算负荷的估算方法

§ 2-4 单相负荷计算.....28

- 一、单相用电设备仅接于相电压
- 二、单相用电设备仅接于线电压
- 三、一般情况

§ 2-5 尖峰电流计算.....31

- 一、单台电动机支线

二、接有多台电动机的配电线路

三、电动机的同时自启动

§ 2-6 功率损耗与电能损耗计算.....32

- 一、供电线路的功率损耗
- 二、变压器的功率损耗
- 三、供配电系统年电能损耗
- 四、线损率和年电能需要量计算

§ 2-7 全厂负荷计算.....36

- 一、全厂负荷计算步骤
- 二、全厂负荷计算示例

思考题.....38

习题.....39

第三章 工厂供配电系统一次接线40

§ 3-1 概述40

- 一、电气主接线图
- 二、二次接线图

§ 3-2 变电所变压器台数和容量的选择41

- 一、变压器台数选择
- 二、变压器的过负荷能力
- 三、变压器容量选择

§ 3-3 变配电所电气主接线45

- 一、电气主接线的基本形式
- 二、工厂变电所常用电气主接线
- 三、电气主接线安全运行操作的基本知识

§ 3-4 高压配电网络55

- 一、基本原则
- 二、配电方式

* § 3-5 低压配电网络57

- 一、基本原则
- 二、配电方式

§ 3-6 电压偏移及改善措施59

- 一、基本概念
- 二、线路电压损失计算
- 三、变压器电压损失计算
- 四、电压偏移计算
- 五、改善电压偏移的主要措施

思考题.....	70	一、高压断路器	
习题.....	70	二、高压隔离开关	
第四章 短路电流及其效应的计算.....	71	三、高压负荷开关	
§ 4-1 短路类型及其发生的原因和危害...	71	四、高压熔断器	
§ 4-2 三相短路过程的简化分析	72	五、高压开关柜	
一、短路全电流的最大瞬时值——冲击电流		六、高压开关电器的选择	
二、短路全电流的有效值		§ 5-4 互感器	129
§ 4-3 标么值和电气元件阻抗标么值的计算.....	77	一、电流互感器	
一、标么值的定义		二、电压互感器	
二、基准值的选择		§ 5-5 母线、架空导线和电缆	143
三、电气元件电抗标么值的计算		一、用途及选型	
四、不同电压等级电抗标么值的关系		二、母线、导线和电缆截面的选择	
§ 4-4 无限大容量系统三相短路电流计算.....	82	§ 5-6 高压绝缘子及穿墙套管	149
一、概述		一、用途及类型	
二、利用标么值进行计算		二、选择条件...	
三、利用短路容量计算短路电流		* § 5-7 低压开关电器.....	150
四、异步电动机对短路电流的影响		一、刀闸开关	
§ 4-5 两相短路电流的计算	87	二、低压熔断器	
§ 4-6 短路电流计算示例	88	三、低压空气开关	
* § 4-7 1kV以下低压电网中短路电流的计算	90	四、接触器	
§ 4-8 短路电流的效应.....	94	五、低压配电屏	
一、短路电流的热效应		六、低压设备的选择	
二、短路电流的电动力效应		思考题.....	155
思考题.....	104	习题.....	156
习题.....	105	第六章 工厂供配电系统二次接线.....	157
第五章 电气设备及其选择.....	106	§ 6-1 工厂供配电系统二次接线的原理图和安装图.....	157
§ 5-1 电弧的基本知识	106	一、原理接线图	
一、电弧的形成		二、安装接线图	
二、电弧的熄灭条件		§ 6-2 断路器的控制回路.....	164
三、电弧的基本特性		一、原理框图	
四、熄灭电弧的基本方法.....		二、断路器控制回路接线图	
§ 5-2 导体和电器设备选择的一般规定.....	112	§ 6-3 中央信号回路.....	168
一、按正常工作电压和电流选择		§ 6-4 直流操作电源及绝缘监察.....	170
二、按短路条件校验		一、带电容储能的硅整流直流系统	
三、按环境条件校验		二、带镉镍蓄电池组的硅整流直流系统	
§ 5-3 高压开关电器	116	三、直流系统绝缘监察装置	
		§ 6-5 测量仪表及其接线.....	173
		一、电气测量仪表的准确等级	
		二、电气测量仪表的配置	

三、三相电路功率的测量	
四、三相电路电能的测量	
思考题	181
习题	182
第七章 工厂供配电系统的继电保护	183
§ 7-1 继电保护的基本知识	183
一、继电保护的任務	
二、对继电保护的基本要求	
三、继电保护的基本原理	
四、继电器分类和表示方法	
§ 7-2 供电线路的继电保护	187
一、电流保护的接线方式	
二、定时限过电流保护	
三、低电压闭锁的过电流保护	
四、反时限过电流保护	
五、电流速断保护	
六、中性点不接地系统的单相接地保护	
§ 7-3 电力变压器的继电保护	198
一、瓦斯保护	
二、纵差动保护	
三、电流速断保护	
四、过电流保护	
五、过负荷保护	
六、变压器保护原理接线总图	
七、变压器保护整定计算示例	
§ 7-4 配电系统的保护装置	218
一、各种电气设备的保护装置	
二、熔断器保护	
三、自动开关保护	
§ 7-5 工厂供电系统的备用电源自动投入装置 (简称BZT)	232
一、对备用电源自动投入装置的基本要求	
二、备用电源自动投入装置的原理接线	
思考题	237
习题	237
第八章 防雷与接地	238
§ 8-1 雷与防雷设备	238
一、过电压及其分类	
二、雷电的形成及其危害	

三、避雷针及保护范围计算	
四、避雷线及保护范围计算	
五、避雷器及其选择	
§ 8-2 架空线路的防雷保护	251
§ 8-3 变电所 (配电所) 防雷保护	251
一、直击雷的防雷措施	
二、侵入雷电波过电压的保护	
§ 8-4 接地和接零	254
一、一般概念	
二、保护接地	
三、接零	
四、重复接地	
§ 8-5 变电所接地装置及接地电阻计算	260
一、变电所接地装置	
二、接地电阻计算	
三、变电所接地装置的设计计算步骤	
思考题	266
习题	266
第九章 工厂供配电系统的节能与无功补偿	267
§ 9-1 节约用电的意义和途径	267
一、节约用电的意义	
二、节约用电的一般途径	
§ 9-2 工厂用电的功率因数	269
一、功率因数的基本概念	
二、改善功率因数的方法	
§ 9-3 变压器的经济运行	271
一、有关经济运行的基本概念	
二、变压器效率与经济负荷系数	
三、变压器的经济运行	
§ 9-4 电动机的合理使用	274
一、异步电动机的效率及经济运行负荷系数	
二、提高电动机效率的措施	
§ 9-5 功率因数的人工补偿	280
一、电容器并联补偿的工作原理	
二、电容器容量的选择	
三、电容器接线方式的选择	
四、电容器的补偿方式	
思考题	286
习题	287

第十章 工厂电气照明 288

§ 10-1 电气照明的基本概念 288

§ 10-2 电光源、照明器及其选择 291

一、电光源

二、照明器

§ 10-3 照明种类及照度标准 298

一、照明种类

二、照度标准

§ 10-4 照明器的布置 300

一、对照明器布置的要求

二、布置方式

§ 10-5 照度计算 302

一、平均照度计算

二、最小照度计算

三、选择计算步骤

§ 10-6 照明网络 304

一、供电电压

二、供电方式

三、照明负荷计算

* 四、配电导线截面选择

思考题 309

习题 309

* 第十一章 高层民用建筑供电设计简

介 310

§ 11-1 负荷计算 310

一、照明负荷计算

二、动力负荷

§ 11-2 负荷分级与供电电源 311

一、负荷分级

二、供电电源

§ 11-3 变压器的选择 311

§ 11-4 配电小间, 配电系统, 导线选

择及敷设 312

一、配电小间

二、配电系统

三、导线的选择及敷设

§ 11-5 消防水泵、电梯的供电 314

§ 11-6 消火栓控制和自动喷洒系统 315

§ 11-7 事故照明及疏散指示标志 318

§ 11-8 防雷及接地 319

思考题 319

* 第十二章 工厂变电所的安全用电与

运行管理 320

§ 12-1 安全用电 320

一、安全用电的技术措施

二、安全用电的组织措施

三、安全技术与触电急救

§ 12-2 运行管理 328

一、技术管理

二、运行调度

思考题 331

附录: 部分电器设备的技术参数 332

主要参考文献 347

第一章 绪 论

要点 本章介绍电力系统的基本概念、额定电压、工厂供电的特点及组成、工厂供配电系统设计的主要内容和设计程序，作为以下各章学习的引导。

§ 1-1 电力系统的基本概念

电能属二次能源，它是在发电厂中将一次能源（如煤、油、水等）经过多次能量转换而生成的。电能具有很多优点，如输送方便，易于集中和分散，可简便地转换为其他形式的能量，便于控制，有利于实现生产过程自动化，提高产品质量和经济效益等。因而，电力已成为现代工农业生产不可缺少的能源和动力。

由于工厂（或企业）所需要的电能，绝大多数是由公共电力系统供给的。所以，本节对电力系统予以简要介绍。

一、电力系统

电力系统是由发电厂、电力网和用电设备组成的统一整体。

电力网是电力系统的一部分。它包括变电所、配电所及各种电压等级的电力线路。

与电力系统相关联的还有动力系统。动力系统是电力系统和“动力部分”的总和。所谓“动力部分”，包括火力发电厂的锅炉、汽轮机、热力网和用热设备；水力发电厂的水库、水轮机以及原子能发电厂的核反应堆、蒸发器等等。所以，电力系统是动力系统的一个组成部分。

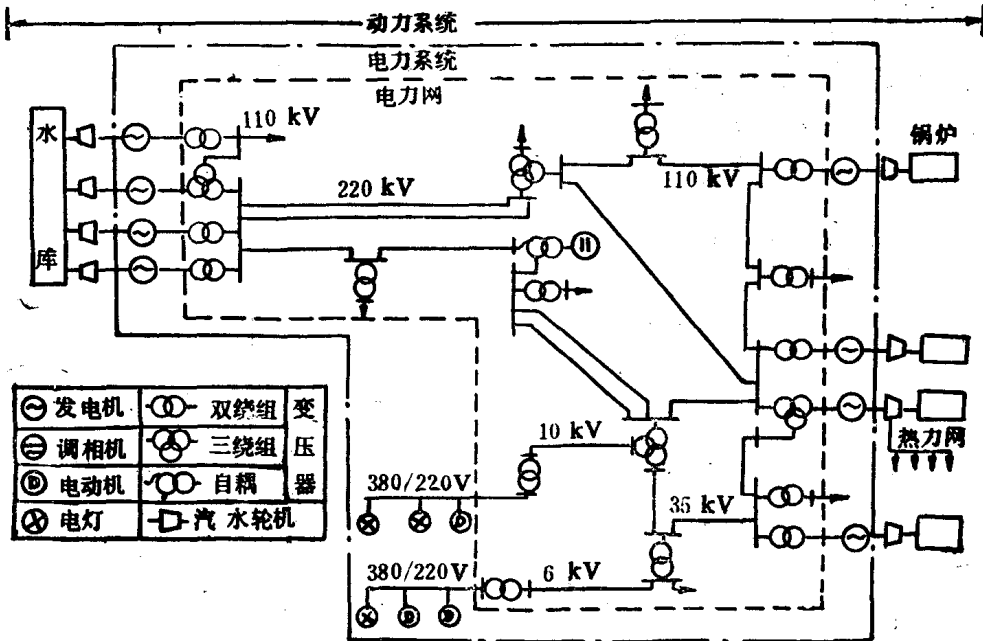


图1-1 动力系统、电力系统和电力网示意图

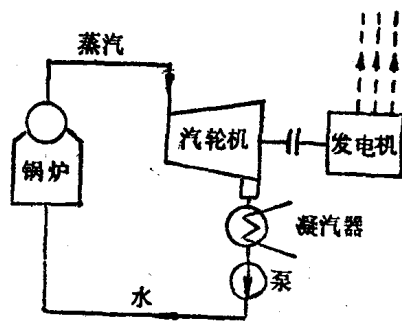
图1-1示出了电力系统、电力网和动力系统三者之间的关系。

电力系统的作用是由各个组成环节分别完成电能的生产、变换、输送、分配和消费等任务。现对这几个环节的基本概念说明如下。

1. 发电厂（或称发电站）

发电厂是将各种形式的能量转换为电能的特殊工厂。它的产品是电能。根据所利用一次能源的不同，发电厂分很多种类型，目前我国接入电力系统的发电厂主要是火力发电厂和水力发电厂，近年内原子能发电厂将并入电力系统运行，现以火力发电厂和水力发电厂为例简述其生产过程。

火力发电厂是利用燃料（煤、石油、天然气）的化学能来生产电能。其主要设备有锅炉、汽轮机、发电机，如图1-2所示。燃料在炉膛内燃烧，将炉中（水冷壁、汽包）的水加热成高温高压的蒸汽，从而将燃料的化学能转换为蒸汽的热能；蒸汽经管道送入汽轮机推动其旋转，将蒸汽的热能转换成机械能；汽轮机与发电机联轴，带动发电机转子转动，发电机转子具有磁场，旋转的转子磁场切割发电机定子线圈，由于电磁感应作用，在定子线圈中产生感应电势，这样发电机将汽轮机的机械能转换成电能。这就是火力发电厂的简单的生产过程。



化学能 → 热能 → 机械能 → 电能

图 1-2 火电厂生产过程示意图

水力发电厂是利用水的位能来生产电能。主要由水库、水轮机和发电机组成。如图1-3所示。水库中的水具有一定的位能，经引水管道送入水轮机推动水轮机旋转，从而将水的位能转换成机械能；同理，水轮机与发电机联轴，带动发电机转子一起转动，转子旋转的电磁场切割发电机定子，在定子线圈中产生感应电势，将水轮机旋转的机械能转换成电能。所以水电厂生产过程的核心，仍然是完成能量转换，它是借助水工建筑物（如拦水坝）来汇集

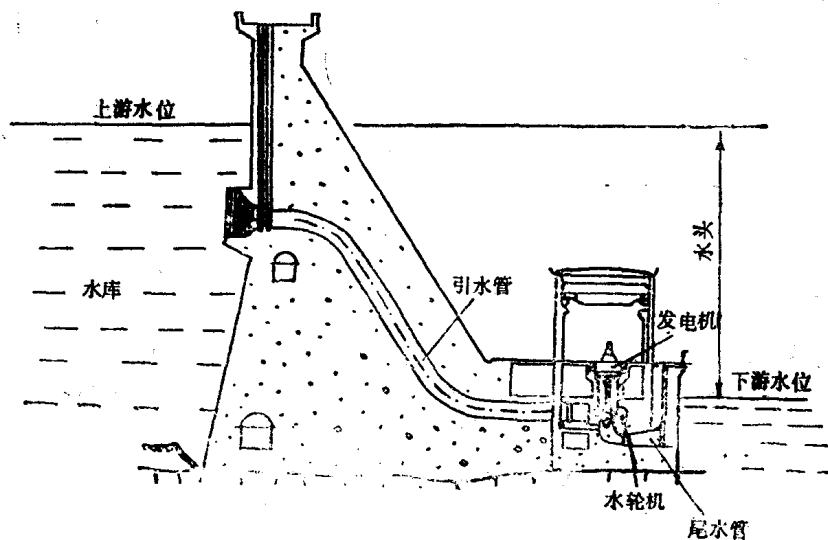


图1-3 水电厂生产过程示意图

水量，集中水头，从而将水流中蕴藏的位能转换成电能。

原子能发电厂是利用原子核的核能（原子核结构发生裂变所释放的能量）来生产电能。它与火力发电厂生产过程相似，所不同的仅是以原子反应堆和蒸发器代替锅炉，以少量核燃料（如铀235）代替大量的煤、石油或天然气（1公斤铀235裂变所释放的能量相当于2500吨优质煤的能量）。

2. 变电所（或称变电站）

变电所是接受电能、变换电压和分配电能的场所。为了实现电能的经济输送和满足用电设备对供电质量的要求，需要对发电机的端电压进行多次的变换（变电）。这项任务是由变电所完成的。变电所的主要设备有电力变压器、母线和开关设备等。根据变电所任务的不同，可分为升压变电所和降压变电所两大类：升压变电所的主要任务是将低电压变换为高电压，一般建在发电厂；降压变电所的主要任务是将高电压变换到一个合理的电压等级，一般建立在靠近负荷中心的地点。降压变电所根据其在电力系统中的地位和作用的不同，又分枢纽（或区域）变电所、地区变电所和工业企业变电所等。

只用来接受和分配电能，而不承担变换电压任务的场所，称为配电所，多建于工厂内部。

用来将交流电流转换为直流电流，或反之的电能变换场所，常称为变流站。

3. 电力线路（也称输电线）

电力线路是输送电能的通道。因为火力发电厂多建在燃料产地，即所谓的“坑口电站”，水力发电厂则建在水力资源丰富的地方。故大型发电厂距电能用户均较远。所以需要各种不同电压等级的电力线路，作为把发电厂、变电所和电能用户联系起来的纽带，将发电厂生产的电能源源不断地输送到电能用户。

通常，把发电厂生产的电能直接分配给用户，或由降压变电所分配给用户的10kV及以下电力线路，称为配电线路；而把电压在35kV及以上的高压电力线路称为送电线路。

4. 电能用户（又称电力负荷）

在电力系统中，一切消费电能的用电设备均称为电能用户。用电设备按其用途可分为：动力用电设备（如电动机等），工艺用电设备（如电解、冶炼、电焊、热处理等设备）、电热用电设备（电炉、干燥箱、空调等）、照明用电设备和试验用电设备等，它们分别将电能转换为机械能、热能和光能等不同形式的适于生产需要的能量。

据1986年统计资料，按行业分，我国各类电能用户的用电量占总电量（ $379.7 \times 10^9 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ）的百分比为：工业72.9%，农业13.7%，交通运输1.16%，市政及商业4.4%，生活7.8%，这个数字表明：工业是电力系统的最大的电能用户。

二、电力系统运行的特点和要求

电力系统的运行与其他工业生产相比，具有以下明显的特点：

1. 电能不能大量储存。电能的生产、输送、分配和消费，实际上是同时进行的。即在电力系统中，发电厂任何时刻生产的电能，必须等于同一时刻用电设备所消费的电能与电力

系统本身所消耗的电能之和。

2. 电力系统暂态过程非常短促。发电机、变压器、电力线路和电动机等设备的投入和切除,都是在一瞬间完成的。电能从一地点输送到另一地点所需的时间,仅千分之几秒甚至百万分之几秒。电力系统由一种运行状态到另一种运行状态的过渡过程也是非常短促的。

3. 与国民经济各部门及人民日常生活有极为密切的关系。供电中断常带来严重的损失和后果。

根据这些特点,对电力系统(包括工厂供、配电系统)的设计与运行提出了严格的要求。其基本要求如下:

1. 保证供电的可靠性

安全可靠是电力生产的首要任务。因为供电中断将导致生产停顿、生活混乱,甚至危及人身和设备安全,造成严重的经济和政治损失,所以电力系统的设计和运行必须满足供电可靠性的要求。

当电力系统中某一设备发生故障时,对用户供电不中断,或中断供电的机率少,影响范围小,停电时间短,造成的损失少,谓供电的可靠性高。工厂生产类别不同,对供电连续性的要求也不同。因而应根据系统和用户的要求,保证必要的供电可靠性。

2. 保证良好的电能质量

电压和频率是标志电能质量的两个重要指标。我国规定:频率50Hz,允许偏差 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5\text{Hz}$;各级额定电压允许偏差为 $\pm 5\%U_n$ 。电压或频率超过允许偏差范围,不仅对设备的寿命和安全运行不利,还可造成产品减产或报废。所以电力系统在各种运行方式下都应满足用户对电能质量的要求。

3. 具有一定的灵活性和方便性

电力系统接线力求简单,能适应负荷变化的需要,灵活、简便、迅速地由一种运行状态转换到另一种状态,避免发生误操作。并能保证正常维护和检修工作安全、方便地进行。

4. 应具有经济性

所谓经济性指基建投资少、年运行费用低。在满足上述必要的技术要求的前提下,力求经济。二者应综合考虑。

5. 具有发展和扩建的可能性

为适应建设事业的发展,对电压等级、设备容量、安装场地等应留有一定发展的余地。

§ 1-2 电力系统额定电压

额定电压,通常指电器设备名牌上标出的线电压。电器设备都是按照指定的电压和频率来设计制造的,这个指定的电压和频率称为电器设备的额定电压和额定频率。当电器设备在该电压和频率下运行时,将获得最佳的技术性能和经济效果。

为了成批生产和实现设备互换,各国都制定有标准系列的额定电压和额定频率。我国规定工业用标准额定频率为50Hz(俗称工频),频率能否维持不变主要取决于系统中有功功率的平衡,频率偏低,表示系统发出的有功功率不足,应设法增加发电机出力。系统电压主要取决于系统中无功功率的平衡,无功不足,则电压偏低。本节着重讨论电力系统额定电

压。

一、额定电压等级

由于三相功率 S 和线电压 U 、线电流 I 之间的关系为： $S = \sqrt{3}UI$ ，所以在输送功率一定时，输电电压愈高，输电电流则愈小，因而可减少线路上电能损失和电压损失，同时又可减小导线截面，节约有色金属。对于某一截面线路，当输电电压愈高时，则输送功率愈大，输送距离愈远。例如，采用 120mm^2 截面的导线，当电压为 10kV 、输送距离为 10km 时，输送功率约为 2000kW ；当输电电压为 35kV ，输送距离为 35km 时，输送功率可达 7000kW 左右。但是电压愈高，绝缘材料所需要的投资相应增加，因而对应一定输送功率和输送距离，均有一相应的技术经济上合理的输电电压。考虑设备制造的标准化、系列化，电力系统额定电压等级不宜过多。根据我国国家标准规定，交流电力网和电力设备的额定电压等级如表 1-1 所示。

表1-1 我国交流电力网和电力设备的额定电压

类别	电力网和用电设备 额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一 次 绕 阻	二 次 绕 阻
低 压 (V)	220/ 127	230	220/ 127	230/ 133
	380/ 220	400	380/ 220	400/ 230
	660/ 380	690	660/ 380	690/ 400
高 压 (kV)	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
	—	13.8, 15.75, 18, 20	13.8, 15.75, 18, 20	—
	35	—	35	38.5
	63	—	63	69
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550
	750	—	750	—

从表中数字看到，在同一电压等级下，各种设备的额定电压并不完全相等。为了使各种互相联接的电器设备都能运行在较有利的电压下，因此各种电器设备的额定电压之间应互相配合。

如图 1-4 所示，当经线路输送功率时，沿线路有电压损失，因而线路各点电压是不同的，距离电源愈远的点电压愈低，并且随输送功率的增大，电压损失也增大。图中电压 $U_1 > U_2 > U_3$ 。所谓电力线路的额定电压 U_n ，实际是线路始端和末端电压的平均值。并规定：

1. 电力线路的额定电压和用电设备的额定电压相等，并称之为网络的额定电压，如 10

kV网络等等。

2. 发电机额定电压规定比电力线路额定电压高5%。由于用电设备一般允许电压偏移为±5%，沿线路电压损失一般为10%，这就要求线路始端电压应比线路额定电压高5%，以使其末端电压比用电设备额定电压不低于5%。发电机多接于电力线路始端，因此发电机额定电压需比电力线路额定电压高5%。

3. 变压器额定电压的规定略为复杂。根据变压器在电力系统中输送功率的方向，我们规定变压器接受功率一侧的绕组为一次绕组，输出功率一侧的绕组为二次绕组。一次绕组的作用相当于用电设备，其额定电压与用电设备额定电压相等。但当变压器直接与发电机联接时，其额定电压则与发电机的额定电压相等。变压器二次绕组的作用相当于电源设备，因此它的额定电压需较用电设备额定电压高5%；又因变压器二次绕组额定电压定为变压器空载时的电压值，当变压器通过额定负荷时，变压器绕组本身电压损失约为5%，所以为使在正常运行时变压器二次绕组电压比用电设备高5%，变压器二次绕组额定电压应规定比用电设备额定电压高出10%，如图1-5所示，例如用电设备额定电压为10kV，则供电变压器二次绕组额定电压应为11kV。但当变压器直接与用电设备相接时，线路电压损失可忽略不计，此时变压器二次绕组额定电压可规定为比用电设备额定电压高5%，如用电设备额定电压为10kV，则供电变压器二次绕组额定电压可为10.5kV。

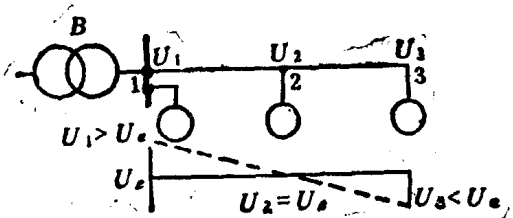


图1-4 沿线路电压损失

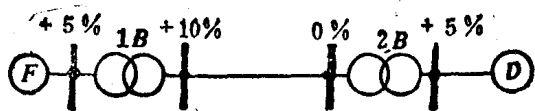


图1-5 发电机、变压器和线路的额定电压

例1-1 试指出如图1-6所示的供电网络中，变压器1B二次绕组、2B一次绕组及线路cd的额定电压。

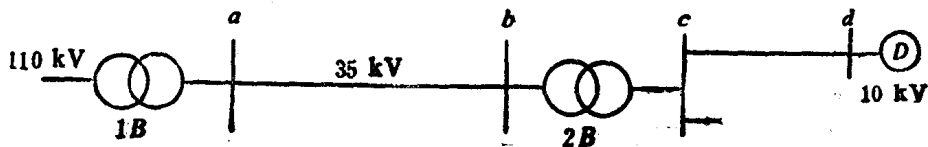


图1-6

解：1B二次绕组 U_2 应为 $35\text{kV} + 10\% (35\text{kV}) = 38.5\text{kV}$

2B一次绕组 U_1 应等于 U_{ab} 即为 35kV

线路cd U 应等于用电设备额定电压，即为 10kV 。

二、各种电压等级的适用范围

目前,我国电力系统中,220kV及以上电压等级多用于大电力系统的主干线;110kV电压既用于中、小电力系统的主干线,也用于大电力系统的二次网络;35kV则多用于电力系统的二次网络或大型工厂的内部供电网络。一般工厂内部多采用6~10kV的高压配电电压。由技术、经济综合比较来看,最好采用10kV。如果工厂拥有相当数量的6kV用电设备时,可考虑采用6kV电压作为工厂配电电压。380/220V电压等级多作为工厂的低压配电电压。表1-2给出了与额定电压等级相适应的输送功率和输送距离。

表1-2 各种额定电压等级线路的输送功率和输送距离

额定电压 (U.) (kV)	输送功率 (P) (kW)	输送距离 (km)
0.22	50以下	0.15以下
0.38	100以下	0.6以下
3	100~1000	1~3
6	100~1200	4~15
10	200~2000	6~20
35	2000~10000	20~50
110	10000~50000	50~150
220	100000~500000	100~300

§ 1-3 工厂供配电系统的组成

如前所述,工业用电量占电力系统总用电量的70%以上,是电力系统的最大电能用户。

工厂(或企业)内部接受、变换、分配和消费电能的总电路称为工厂(或企业)供配电系统。它是公共电力系统的一个重要组成部分。

由于工厂类型很多,且同一类型的工厂其生产规模、自动化程度、用电设备布局等情况千变万化,所以工厂供配电系统也各不相同。从总体接线来看,工厂供配电系统可分为两个部分:

一、电源系统(外部系统)

也称外部供电系统。是指从外电源(公共电力系统)到工厂总降压变电所(或配电所)的供电线路,包括高压架空线路或电缆线路。对于大、中型工厂常采用35~110kV电压的架空线路供电,小型工厂多采用6~10kV电压的电力电缆线路供电。

二、变、配电系统(内部系统)

也称内部配电系统。现以图1-7为例,扼要说明一般大、中型工厂供配电系统的组成。

1. 总降压变电所 总降压变电所是工厂电能供应的枢纽。它由降压变压器、高压(35

~110kV) 配电装置和低压 (6~10kV) 配电装置等主要设备组成。所谓配电装置,是由母线、开关设备、保护电器、测量电器等组成的受电和配电的整体。总降压变电所的作用是将35~110kV电源电压降为6~10kV电压,再由6~10kV配电装置分别将电能送到配电所、车间变电所或高压用电设备。为了保证供电的可靠性,总降压变电所多设置两台降压变压器。

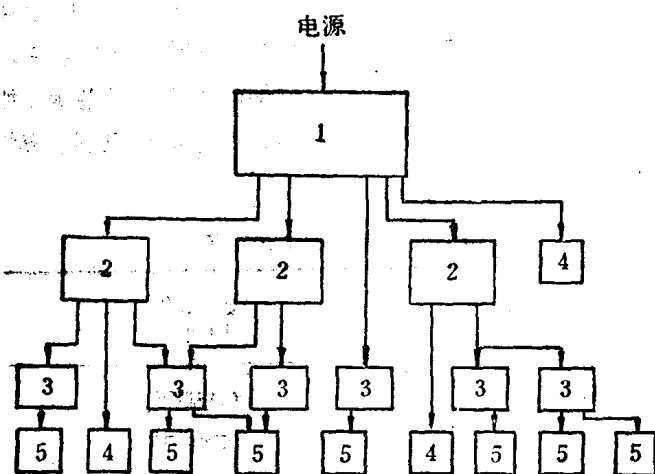


图1-7 工厂供(配)电系统方块图

- 1——总降压变电所;
- 2——中间配电所;
- 3——车间变电所;
- 4——高压用电设备;
- 5——低压用电设备

2. 配电所 对于大中型工厂,由于厂区大、负荷分散,常设置一个或一个以上的配电所。配电所的作用是在靠近负荷中心处集中接受6~10kV电源供来的电能,并把电能重新分配,送至附近各个车间变电所或附近6~10kV高压用电设备。所以它是厂内电能的中转站。

3. 车间变电所 一个生产厂房或车间,根据具体情况可设置一个或几个车间变电所。几个相邻且用电量都不大的车间,也可共用一个车间变电所。车间变电所的作用是将6~10kV的电源电压降至380/220V电压,由380/220V低压配电盘分送至各个低压用电设备。

4. 图中联接线分别为10kV高压配电线路和380/220V低压配电线路。

应当指出,以上所述几个组成部分,并非所有工厂都需要。如小型工厂可不设总降压变电所,仅设6~10kV总配电所即可。某些对国民经济很重要的工厂,还需增设自备发电厂,作为备用电源等等。故应视具体情况而定。

一般来说,工厂变电所在电力系统中属终端降压变电所。

§ 1-4 工厂供配电设计的基本知识

现代化工厂的设计是一门综合性技术,包括工艺设计、土建设计、给排水设计、暖通设计、动力及自动化设计、厂区运输及环保设计以及全厂供配电系统设计等多项任务。工厂供电设计是其中重要设计内容之一,应与多种专业设计密切配合,协同进行。

工厂供电设计,要求在满足国家有关技术经济政策和水利电力部颁发的各项规程规定的前提下,力争做到技术先进、安全可靠和经济合理。

新建工厂的供电设计,一般分为扩大初步设计和施工图设计两个阶段。对于用电量大的大型工厂,在建厂可行性研究报告阶段,可增加工厂供电采用方案意见书。用电量较小的工厂,也可将两阶段设计合并为一个阶段进行。

一、扩大初步设计阶段

1. 设计目的

根据本厂生产特点和供电电源情况，通过技术经济论证，确定工厂供配电最优方案，提出全厂供电设备清单，并编制投资概算，报上级审批。

2. 设计主要内容

(1) 按照工艺、公用设计所提供的资料，计算各车间及全厂的计算负荷和年用电量；

(2) 根据车间环境和计算负荷的大小，选择车间变电所的位置及变压器容量和台数；

(3) 根据工厂负荷对供电的要求和电力系统情况，与电业部门协商确定供电电源、供电电压及供电方式；

(4) 选择总降压变电所（或总配电所）的位置及主变压器的容量和台数；

(5) 选择总降压变电所（或总配电所）电气主接线和厂区高压配电方案；

(6) 计算短路电流，选择主要电器设备和载流导体截面；

(7) 选择主要设备（变压器、线路、高压电动机等）继电保护接线及供电系统自动化接线，并进行整定计算；

(8) 确定提高功率因数的补偿措施；

(9) 提出变电所和工厂建筑物的防雷措施，并进行接地装置设计计算；

(10) 提出变电所二次接线及全厂照明系统原则性方案；

(11) 列出所选设备、材料清单，并编制概算。

3. 设计成果

扩大初步设计资料应包括：设计说明书、概算和必要的附图。

二、施工图设计阶段

1. 设计目的

施工图是在扩大初步设计经有关单位批准后进行的，它在扩大初步设计的基础上，完成各单项安装施工图及设备、材料明细表，并编制工程预算书和施工说明书。施工图，是安装施工时所必需的技术资料。

2. 设计内容

(1) 校正扩大初步设计的基础资料和设计计算数据；

(2) 绘制各单项施工图（包括布置、埋件、结构安装三部分）；

(3) 编制工程所需设备、材料明细表；