



高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

电能生产过程

李林川 主编
孔祥玉 严雪飞 刘勇 编著



科学出版社

高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材

电 能 生 产 过 程

李林川 主编

孔祥玉 严雪飞 刘 勇 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

电能从产生到使用的过程包含发电、输电、变电、配电、用电等环节,其中涵盖设备众多、应用特点各异。本书在总结“发电厂电气部分”等相关教材基础上,增加当前在电力行业中得到应用的一些新产品、新技术,并对其原理和运用等方面的内容进行阐述,力求做到层次分明、浅显易懂。主要内容包括绪论,电能生产过程,电气设备原理与选择,电气主接线,厂用电及配电装置,同步发电机和电力变压器,发电厂和变电站电气二次系统等。

本书可作为高等院校电气信息类及相关专业的本科生教材,也可作为高职高专和函授的教材,同时还可供从事发电厂和变电站电气设计、运行、管理工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电能生产过程/李林川主编. —北京:科学出版社,2011.7

(高等院校电气工程及其自动化专业系列精品教材)

ISBN 978-7-03-032164-0

I. ①电… II. ①李… III. ①发电厂-电气设备-高等学校-教材②电厂电气系统-高等学校-教材 IV. ①TM62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 171821 号

责任编辑:余 江 张丽花 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 7 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2011 年 7 月第一次印刷 印张:17

印数:1—2 500

字数:349 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

目前电力系统及相关专业在讲述发电厂内容时,着重叙述电气主系统的构成、设计与运行的基本理论及计算方法,相应地介绍主要电气设备的原理和性能等,在此基础上对各类电厂电能转换及生产过程的具体细节进行论述与介绍,以作为后续内容的基础和根源,将有助于学生们对专业知识的理解和掌握。

本书在参考国内外电能生产、电气设计等理论及应用的基础上,按照“理论够用,重在应用”的原则,适应面向 21 世纪应用型高等学校电气信息类及相关专业本(专)科生的专业基础课程教学。本书的内容主要取自作者的教学讲义以及企业的材料,符合教学实际。书中的部分内容,与后续开设的电能生产实习课程紧密结合,实现实践与教学一体化。

本书着重叙述了发电、变电和配电三大电气主系统的构成、设计与运行的基本原理及其计算方法。其中在发电部分对火力、水利及核电的能量转换原理、主辅设备和主辅热力系统进行了比较全面的介绍,使学生对电能生产过程有较为详细的了解,并对其他新能源,如风电、太阳能、潮汐、生物能源等的能量转换过程及主要设备进行了介绍。

本书由李林川教授任主编,提出编写大纲并对全书统稿。各章具体分工如下:第 1、5、6 章由孔祥玉编写,第 2 章由严雪飞、孔祥玉、刘勇编写,第 3 章由严雪飞、孔祥玉编写,第 4、7 章由刘勇、严雪飞编写。

本书初稿承蒙葛少云教授审阅,提出了很多宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 能源与电能	1
1.1.1 能源与需求	1
1.1.2 能源的含义及其分类	2
1.1.3 电能及电能生产的特点	3
1.1.4 节能减排及新能源开发	5
1.2 电能的生产和输送	6
1.2.1 电能的生产及动力系统	6
1.2.2 电能的输送与分配	9
1.3 电气设备及接线	11
1.3.1 电气设备的分类	11
1.3.2 电气接线	13
1.4 电能质量	14
1.4.1 电能质量的含义	14
1.4.2 电能质量产生的原因及解决方法	15
思考题	16
第 2 章 电能生产过程	17
2.1 火力发电	17
2.1.1 概述	17
2.1.2 火电厂的燃烧系统	18
2.1.3 火电厂的汽水系统	29
2.1.4 火电厂的电气系统	38
2.1.5 火电厂的运行	38
2.1.6 火电厂在系统中的应用特点及对环境的影响	40
2.2 水力发电	42
2.2.1 概述	42
2.2.2 水电厂的工作形式	42
2.2.3 水电厂的主要动力设备	52
2.2.4 水电厂的运行特点	54

2.3 核能发电	55
2.3.1 核电厂简介	55
2.3.2 核电厂系统及设备	57
2.3.3 核电厂的运行	59
2.4 风力发电	60
2.4.1 风力发电的基础	60
2.4.2 风力发电系统的构成	63
2.4.3 风力发电的运行	68
2.4.4 风力发电技术的发展前景	70
2.5 太阳能发电	71
2.5.1 太阳能的利用	71
2.5.2 太阳能热发电	72
2.5.3 太阳能光伏发电	76
2.6 其他新能源发电	81
2.6.1 生物质能发电	81
2.6.2 地热能发电	82
2.6.3 潮汐能发电	86
思考题	87
第3章 电气设备原理与选择	88
3.1 载流导体的发热和电动力	88
3.1.1 概述	88
3.1.2 导体的长期发热和载流量计算	89
3.1.3 导体的短时发热	94
3.1.4 导体的电动力计算	98
3.2 电气设备选择的一般条件	100
3.2.1 按正常工作条件选择设备	101
3.2.2 按短路状态校验	102
3.3 常用开关电气设备	105
3.3.1 电弧的产生与熄灭	105
3.3.2 高压断路器	111
3.3.3 隔离开关	120
3.3.4 高压负荷开关	124
3.3.5 高压熔断器	125
3.4 母线、绝缘子、电缆和电抗器	127
3.4.1 母线	127
3.4.2 绝缘子	133

3.4.3 电力电缆	136
3.4.4 电抗器	139
3.5 其他常见电气设备	142
3.5.1 互感器	142
3.5.2 避雷针、避雷线和避雷器	151
3.5.3 并联电容器	153
思考题	154
第4章 电气主接线	155
4.1 电气主接线的基本要求及设计原则	155
4.1.1 基本要求	155
4.1.2 设计原则	157
4.2 主接线的基本形式	157
4.2.1 有汇流母线接线形式	158
4.2.2 无汇流母线接线形式	165
4.3 发电厂和变电站的典型电气主接线	168
4.3.1 火电厂主接线	168
4.3.2 水电厂主接线	170
4.3.3 变电站主接线	171
4.4 限制短路电流的方法	172
4.4.1 选择适当的接线形式和运行方式	173
4.4.2 系统中加装限流电抗器	173
4.4.3 接线中使用低压分裂绕组变压器	176
思考题	177
第5章 厂用电及配电装置	178
5.1 厂用电负荷及电动机校验	178
5.1.1 厂用电率	178
5.1.2 厂用负荷分类及特性	178
5.1.3 电动机自启动校验	180
5.2 厂用电接线	182
5.2.1 厂用电供电电压等级	182
5.2.2 厂用电源及其引线	184
5.3 不同类型发电厂的厂用电接线	188
5.3.1 火电厂的厂用电接线	188
5.3.2 水电厂的厂用电接线	192
5.3.3 核电厂的厂用电接线	192

5.4 配电装置	194
5.4.1 配电装置的分类	194
5.4.2 配电装置的结构	195
5.4.3 配电装置的安全净距要求	197
5.5 发电机、变压器与配电装置的连接	199
5.5.1 连接方式	199
5.5.2 典型连接举例	202
思考题	203
第6章 同步发电机和电力变压器	204
6.1 同步发电机的分类	204
6.1.1 同步发电机的类型	204
6.1.2 同步发电机的铭牌	205
6.2 同步发电机的运行	206
6.2.1 同步发电机的正常运行	206
6.2.2 同步发电机的非正常运行	209
6.3 同步发电机的操作	212
6.3.1 同步发电机的并列操作	213
6.3.2 发电机接带负荷和运行中负荷的调整	214
6.3.3 同步发电机的解列与停机操作	216
6.4 变压器的分类	217
6.4.1 变压器的类型	217
6.4.2 电力变压器的型号及技术参数	218
6.4.3 变压器的发热和冷却	221
6.5 变压器的允许运行方式	224
6.5.1 允许温度和温升	224
6.5.2 外加电源电压允许变化范围	226
6.5.3 变压器允许的过负荷	226
6.5.4 变压器的并列运行	228
6.6 变压器的运行操作	232
6.6.1 变压器的正常运行	232
6.6.2 变压器的停、送电操作	232
思考题	236
第7章 发电厂和变电站电气二次系统	237
7.1 发电厂和变电站的控制方式	237
7.1.1 发电厂的控制方式	237
7.1.2 变电站的控制方式	238

7.2 电气二次接线图	239
7.2.1 基本概念	239
7.2.2 二次接线图的图形与文字符号	239
7.2.3 原理接线图	242
7.2.4 安装图	244
7.3 直流供电系统	245
7.3.1 蓄电池直流系统接线及运行方式	245
7.3.2 绝缘监察、电压监察及闪光装置	247
7.3.3 直流供电网络	249
7.4 断路器控制回路	250
7.4.1 对控制回路的基本要求及分类	250
7.4.2 灯光监视的断路器控制和信号回路	250
7.4.3 音响监视的控制回路	253
7.5 中央信号回路	254
7.5.1 事故信号回路	254
7.5.2 预告信号回路	255
7.6 测量监视回路	255
7.7 继电保护与自动重合闸装置	257
7.8 变电站综合自动化系统	258
7.8.1 变电站综合自动化的功能	259
7.8.2 智能化变电站	259
思考题	261
参考文献	262

第 1 章 绪 论

1.1 能源与电能

1.1.1 能源与需求

能源是人类赖以生存的基础,从日常生活所必需的电、水、气到人们所利用的交通、通信、娱乐等都与能源息息相关。人类为了生存除了要吃饭获取能源之外,还要利用诸如石油、煤炭、电能等能源。随着世界人口的不断增加,能源的需求也在不断增加,特别是人类进入 21 世纪高度信息化社会后更是如此。其中电力能源从 20 世纪开始,在总能源需求中所占的比例增加较快,从世界的平均水平来看,每 20 年约增加一倍。

现代经济社会中能源的重要性主要表现在以下四个方面。

(1)能源是现代经济社会发展的基础。现代经济社会发展建立在高水平物质文明和精神文明的基础上。要实现高水平的物质文明,就要有社会生产力的极大发展,有现代化的农业、工业和交通物流系统,以及现代化的生活设施和服务体系,这些都需要能源。在现代社会,人们维持生命的食物用能在总能耗中所占的比例显著下降,而生产、生活和交通服务已经成为耗能的主要领域。可以说,没有能源作为支撑,就没有现代社会和现代文明。

(2)能源是经济社会发展的重要制约因素。20 世纪 50 年代以来,我国能源工业从小到大,不断发展。特别是改革开放以后,能源供给能力不断增强,促进了经济持续快速发展。但在经济发展过程中,能源供给不足的矛盾十分突出。往往只要固定资产投资规模扩大、经济发展加速,煤电油运就会出现紧张,成为制约经济社会发展的瓶颈。

(3)能源安全事关经济安全和国家安全。能源安全中最重要的是石油安全。20 世纪 70 年代发生的两次世界石油危机,导致主要发达国家经济减速和全球经济波动。

(4)能源消耗对生态环境的影响日益突出。能源资源的开发利用促进了世界的发展,同时也带来了严重的生态环境问题。化石燃料的使用是 CO_2 等温室气体增加的主要来源。科学观测表明,地球大气中 CO_2 的浓度已从工业革命前的 280 ppm(1ppm 为 10^{-6}),上升到了 379 ppm(2009 年统计)。全球平均气温也在近百年内升高了 0.74°C 。从我国情况看,能源结构长期以煤炭为主,煤炭生产使用中产生的 SO_2 、粉尘、 CO_2 等是大气污染和温室气体的主要来源。解决好能源问题,不仅要注重供求平衡,也要关注由此带来的生态环境问题。

1.1.2 能源的含义及其分类

人们把能量的来源称为能源,它是能够为人类提供某种形式能量的自然资源及其转化物。换言之,自然界在一定条件下能够提供机械能、热能、电能、化学能等某种形式能量的自然资源,称为能源。能源的种类很多,它的分类方法也很多。

(1)按照能源的生成方式,分为一次能源和二次能源。

一次能源,又称自然能源。它是自然界中以天然形态存在的能源,是直接来自自然界而未经人们加工转换的能源。煤炭、石油、天然气、水能、太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热能等都是**一次能源。一次能源在未被人类开发以前,处于自然赋存状态时,称为能源资源。世界各国的能源产量和消费量,一般均指一次能源而言。为了便于比较和计算,习惯上把各种一次能源均折合为“标准煤”或“油当量”,作为各种能源的统一计量单位。

二次能源是由一次能源转换成符合人们使用要求的能量形式。电能、汽油、柴油、焦炭、煤气、蒸汽、氢能等都是二次能源。一次能源只在少数情况下以它原始的形式为人类服务,更多情况下则要根据不同的目的进行加工,转换成便于使用的二次能源,以满足需要,或提高能源的使用效率。随着科学技术的发展和社会的现代化,在整个能源消费系统中,二次能源所占的比例将日益增大。

(2)按照其是否能够再生而循环使用,分为可再生能源和非再生能源。

所谓可再生能源,就是不会随着它本身的转化或人类的利用而日益减少的能源,具有自然的恢复能力。如太阳能、风能、水能、生物质能、海洋能以及地热能等,都是可再生能源。而化石燃料和核燃料则不然,它们经过亿万年形成而在短期内无法恢复再生,随着人类的利用而越来越少。这些随着人类的利用而逐渐减少的能源称为非再生能源。

(3)按照其来源的不同,分为来自地球以外天体的能源、来自地球内部的能源和地球与其他天体相互作用产生的能源三大类。

来自地球以外天体的能源,主要是指太阳辐射能,各种植物通过光合作用把太阳能转变为化学能,在植物体内储存下来。这部分能量为动物和人类的生存提供了能源。地球上的煤炭、石油、天然气等化石燃料,是由古代埋藏在地下的动植物经过漫长的地质年代而形成的,所以化石燃料实质上是储存下来的太阳能。太阳能、风能、水能、海水温差能、海洋波浪能以及生物质能等,也都直接或间接来自太阳。来自地球内部的能源,主要是指地下水、地下蒸汽、岩浆等地热能和铀、钍等核燃料所具有的核能。地球与其他天体相互作用产生的能源,主要是指由于地球和月亮以及太阳之间的引力作用造成的海水有规律的涨落而形成的潮汐能。

(4)按照各种能源在当代人类社会经济生活中的地位,人们还常常把能源分为常规能源和新能源两大类。

技术上比较成熟,已被人类广泛利用,在生产和生活中起着重要作用的能源,称为常规能源,例如煤炭、石油、天然气、水能和核裂变能等。目前,世界能源的消费主要靠

这五大能源来供应。在今后一个相当长的时期内,它们仍将担任世界能源舞台上的主角。目前尚未被人类大规模利用,还有待进一步研究试验与开发利用的能源,称为新能源,例如太阳能、风能、地热能、海洋能及核聚变能等。所谓新能源,是相对而言的。现在的常规能源如核能,也曾是新能源,今天的新能源将来也会成为常规能源。

基于上述不同的情况,表 1-1 对能源分类进行了描述。

表 1-1 能源分类表

类 别		来自地球内部的能源	来自地球以外天体的能源							地球与其他天体相互作用产生的能源	
一次能源	可再生能源	地热能	水能	风能	太阳能	生物质能	海水温差能	海水盐差能	海洋波浪能	海(湖)流能	潮汐能
	不可再生能源	核能	煤炭		石油		天然气		油页岩		—
二次能源		电能	汽油	柴油	焦炭	煤气	蒸汽	氢能	酒精	重油	液化气 电岩

为满足人类社会可持续发展对能源的需要,防止和减轻大量燃用化石能源对环境造成的严重污染和生态破坏,近年来世界各国政府和能源界、环保界等均认识到能源可持续发展的重要性,大力发展清洁能源。清洁能源可分为狭义和广义两大类。狭义的清洁能源仅指可再生能源,包括水能、生物质能、太阳能、风能、地热能和海洋能等,它们消耗之后可以得到恢复补充,不产生或很少产生污染物,所以可再生能源被认为是未来能源结构的基础。广义的清洁能源是指在能源的生产、产品化及其消耗过程中,对生态环境尽可能低污染或无污染的能源,包括低污染的天然气等化石能源、利用洁净能源技术处理的洁净煤和洁净油等化石能源、可再生能源和核能等。在未来人类社会的科学技术达到相当高的水平并具备了相应的经济支撑力的情况下,清洁能源将成为最理想的电能生产能源。

1.1.3 电能及电能生产的特点

1. 电能的特点

电能的开发和应用,是人类征服自然过程中取得的具有划时代意义的光辉成就。电能由一次能源经加工转换成的能源,是现代工农业生产、科学技术研究及人民生活等各个领域广泛应用的主要能源与动力。在人类社会的各个方面起着举足轻重的作用。电能之所以获得广泛的应用,是因为它具有如下特点和优越性:

(1)易于产生。利用现代的生产技术,可以容易地将机械能、化学能、光能及热能转

变为电能。

(2)便于传输。由于电能可通过输电线路以近似于光速的速度传输,而不需要用车、船等运输工具或管道传送,从而损耗较小,费用较低。

(3)使用方便。电能可以很容易地转变为机械能、光能、热能及化学能等常用的能源,且转换装置控制方便,较容易实现自动化。

(4)利用率高。电能的有效利用率比其他能源的利用率高,如电力机车的有效利用率为25%~30%,而蒸汽机车仅为5%~8%。广泛使用电能可以达到节约社会总能源的良好效果。

(5)减少污染。随着工业的发展,环境保护已成为当今世界一个十分重要的课题,受到世界各国的普遍重视。使用电能作为主要能源与动力,可以减少对环境的污染。

此外,在某些方面电能还是其他能源所不能替代的,如通信、广播、雷达、电子计算机等必须直接使用电能。电能还可以实现远距离控制、调节与量测。因此,电能生产在国民经济中占有十分重要的地位。

2. 电能生产的特点

由于电能的特殊性,电能的生产有其自身的特点,包括:

(1)电能的生产与消费具有同时性。由于电能生产和消费是一种能量形态转换,要求生产与消费同时完成。迄今为止仍未能解决经济、高效的电能大容量储存问题,电能难于储存是它的最大特点。从这个特点出发,在电力系统运行时就要求经常保持电源和负荷的功率平衡。在规划设计时则要求确保电力先行,否则其他工厂即使建成也无法投产。发电和用电同时实现,使电力系统中的各个环节之间具有十分紧密的相互依赖关系。无论转换能量的原动机或发电机,或输送、分配电能的变压器、输配电线路,还是用电设备等,只要其中任何一个元件故障,都可能会影响电能的正常供应。

(2)电能生产与国民经济各个部门和人民生活有着极为密切的关系。电能供应的中断或减少,都将给国民经济造成巨大损失。

(3)电力系统的过渡过程十分短暂,电能生产过程对自动化程度要求高。电能以光速传播,运行情况发生变化所引起的电磁和机电过渡过程是非常短暂的。因此,无论是正常运行时所进行的调整和切换等操作,还是故障时为切除故障或为把故障限制在一定范围内以迅速恢复供电所进行的一系列操作,都要求快速完成,这仅仅依靠人工是不能达到满意效果的,甚至是不可能的,需要采用各种自动装置(包括计算机)来迅速而准确地完成各项调整和操作任务。电力系统的这个特点给运行、操作等带来了许多复杂的问题。

(4)电能生产的地区性特点较强。由于电力系统的电源结构与资源分布情况和特点有关,而负荷结构却与工业布局、城市规划、电气化水平有关,至于输电线路的电压等级、线路配置等则与电源与负荷间的距离、负荷的集中程度等有关,因而各个电力系统的组成情况不尽相同,甚至可能很不一样。

3. 社会对电能生产的要求

随着科学技术的发展,电能的生产与应用已经影响到社会物质生产和人类生活的每个层次。电气化在某种程度上成为现代化的同义语,电气化程度成为衡量社会物质文明发展水平的重要标志。从电能生产的上述特点出发,根据电力工业在国民经济中的地位和作用,决定了对电力系统有下列基本要求:

(1)最大限度地满足用户的用电需要,为国民经济各个部门提供充足的电力。为此应按照电力先行的原则,作好电力系统发展的规划设计,确保电力工业的建设优先于其他的工业部门。其次,还要加强现有电力设备的运行维护,充分发挥潜力、防止事故发生。

(2)保证供电的可靠性。这是电力系统运行中一项极为重要的任务。运行经验表明,为保证供电的可靠性,首先要保证系统各元件工作的可靠性,这就一定要保证电力设备的产品质量,努力搞好设备的正常运行维护。其次,要提高运行水平和自动化程度,防止误操作的发生,在事故发生后应尽量防止事故扩大等。

(3)保证良好的电能质量。主要是维持频率和电压的偏差不超过一定的范围。

(4)保证电力系统运行的经济性。电能生产的规模很大,所消耗的能源在国民经济总消耗能源中所占的比例相当大,且电能在生产、输送、分配时的损耗也很严重,因此保证电力系统运行的经济性具有极其重要的经济意义。

把上述各点归纳起来可知,保证对电力负荷不间断地供给充足、可靠、优质而又廉价的电能,这就是电力系统的基本要求。

1.1.4 节能减排及新能源开发

人类的文明进步史,也是一部不断突破限制,争取和利用新能源的科技发展史。近百年来,全球能源消耗以平均每年3%的速度增长。尽管许多工业化国家能源消耗基本趋于稳定,但是大多数发展中国家工业化进程加快,能耗不断增加,因此预计全球未来能源消耗态势仍将以3%的速度增长。能耗的快速增长所带来的后果将十分严重:一方面伴随着化石燃料消耗的增加,大气中 CO_2 的含量相应增加,地球不断变暖,生态环境恶化,自然灾害及其造成的损失逐年增加;另一方面将越来越快地消耗掉常规化石能源储量。图1-1所示为2006年世界银行统计的世界能源资源的可开采年数。根据估算,石油的开采年数大约为39年,天然气为57年,煤炭的开采年数大约为230年,可见,人类所利用的石油、天然气、煤炭等资源的开采量是有限的。

面对即将到来的能源危机,全世界认识到必须采取开源节流的战略,一方面节约能源,另一方面大力开发新能源。

在节约能源方面,主要是提高能源利用率。目前,世界一些工业化国家都在采取节能措施,热电联

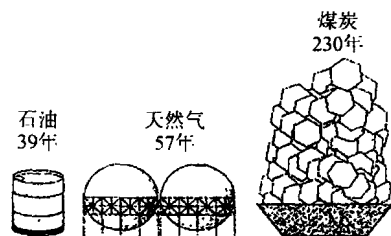


图 1-1 世界能源资源可开采的年数

供(又称“同时发热发电”)就是比较热门的话题之一。普通发电厂的能源效率只有 35%,而多达 65%的能源都作为热白白浪费掉了。热电联供就要将这部分热用来发电或者为工业和家庭供热,实现能源的梯级利用,可使能源利用率提高到 85%以上。

开发“绿色能源”是解决能源危机的重要途径。太阳能、风能、地热能、海洋能以及生物能等存在于自然界中的能源被称为“可再生能源”。由于可再生能源对环境危害较少,因此又称为“绿色能源”。近年来,面对能源危机,许多国家都在下大力气研究和开发利用“绿色能源”的新技术新工艺,并且取得了相当可观的成就。目前,“绿色能源”在全球能源结构中的比例已达到 15%~20%。

1.2 电能的生产 and 输送

1.2.1 电能的生产及动力系统

1. 动力系统、电力系统和电力网的关系

具有一定转换规模、能连续不断对外界提供电能的工厂,称为发电厂。发电厂是电力系统中电力的生产环节,它的类型一般根据一次能源来分类。以往,电力系统中主要采用火力、水力以及核电,同时也逐步将一些如太阳能、风能以及生物质能、海洋能等新能源加入进来。

随着生产的发展和用电量的增加,发电厂的数量和容量都不断增加。当把地理上分散的发电厂通过各种电压等级的输配电线路、升压和降压变电站等相互连接形成一个整体,供电给许多电力用户时,就形成了现代电力系统。电力系统是由发电厂(不包括动力部分)、变电站、输配电线路和用电设备有机连接起来的整体,它包括了从发电、变电、输电、配电直到用电这样一个全过程。电力系统加上发电的动力部分、供热以及用热设备,则称为动力系统,如火力发电厂的锅炉、汽轮机、燃气轮机、热网等。电力系统中,由升压和降压变电站通过输配电线路连接起来的部分,称为电力网(简称电网),即电力系统中除发电机和电力用户以外的部分。动力系统、电力系统和电力网的关系如图 1-2 所示。

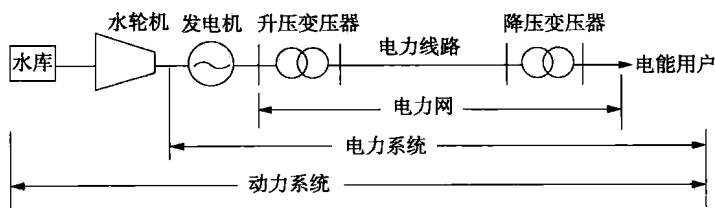


图 1-2 动力系统、电力系统和电力网的关系

2. 各类发电厂

基于一次能源种类和转换方式的不同,发电厂可分为不同类型,例如火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、风力发电厂、太阳能发电厂、地热发电厂和潮汐能发电厂等等。目前世界上已形成规模,具有成熟开发利用技术,并已大批量投入商业运营的发电厂,主要是火力发电厂(简称火电厂)、水力发电厂(简称水电厂)和原子能发电厂(简称核电厂),风力及太阳能发电厂作为新能源技术也逐步进行商业化开发,在电能生产中的比例也逐渐增加。

在这些发电厂中,动力部分是用于实现“燃料”能量释放、热能传递和热能机械能转换的设备和系统。

1) 火力发电

火电厂是利用煤炭、石油、天然气或其他燃料的化学能生产电能的发电厂。火电厂的类型很多,但从能量转换观点分析,其基本过程是:燃料的化学能—热能—机械能—电能。世界上多数国家的火电厂以燃煤为主。我国煤炭资源丰富,燃煤火电厂占70%以上。一座装机容量为600MW的燃煤火电厂,每昼夜所需燃煤量和除灰量,分别高达1万多吨和几千吨。

火电厂动力部分是由制粉系统设备(磨制煤粉,使之能在锅炉炉膛内迅速而有效燃烧)、锅炉设备(实现燃料化学能的释放,并转变成水蒸气携带的热能)、汽轮机设备(实现蒸汽热能部分地转变为旋转机械能)、凝汽器设备(实现乏汽冷凝,并回收干净的凝结水)和给水泵设备(将给水加压后供给锅炉)等组成的。

2) 水力发电

水电厂是将水能转变为电能的工厂。从能量转换的观点分析,其过程为:水能—机械能—电能。实现这一能量转变的生产方式,一般是在河流的上游筑坝,提高水位以造成较高的水头;建造相应的水工设施,以有控制地获取集中的水流。经引水机构将集中的水流引入坝后水电厂内的水轮机,驱动水轮机旋转,水能便被转变为水轮机的旋转机械能。与水轮机直接相连接的发电机将机械能转换成电能,并由电气系统升压分配送入电网。

各种不同类型的水电厂,其动力部分所包括的蓄水、引水等水工设施和水轮机的型式也各不相同。水电厂装机容量的大小、水电厂在电力系统中的地位和调节运行方式等,都是水力发电动力部分中的重要内容。

3) 核能发电

重核分裂和轻核聚合时,都会释放出巨大的能量,这种能量统称为“核能”,即通常所说的原子能。人类利用核能发电是从20世纪50年代开始的,技术上已比较成熟,目前大量投入了商业运营的,只是重核裂变释放出的裂变能用于发电的方式;可控的轻核聚变释放出的核能对电能的转换,仍处于试验探索阶段。

利用重核裂变释放能量发电的核电厂,从能量转换观点分析,是由重核裂变能—热

能—机械能—电能的转换过程。由于重核裂变的强辐射特性,已投入运营和在建的核电厂,毫无例外地划分为核岛部分和发电部分,用安全防护设施严密分隔开的两部分,共同构成核电厂的动力部分。

核岛部分的重要设备是“重核裂变反应器”,称为“反应堆”。反应堆的功能相当于火电厂的锅炉设备,所用的燃料多为金属铀。反应堆由核燃料、慢化剂、冷却剂、调节控制系统元件、危急保安系统元件、反射体和防护层等组成。由于反应堆的功率不同,以及所用慢化剂和冷却剂的参数等的不同,核电厂反应堆的类型、结构和运行特点也各不相同。核电厂的发电部分与火电厂相似,但其对有害放射性的屏蔽和防护措施等,比火电厂复杂且具有更高的要求。

4) 风力发电

风力发电的动力系统主要指风力发电机。最简单的风力发电机由叶轮和发电机两部分构成,空气流动的动能作用在叶轮上,将动能转换成机械能,从而推动叶轮旋转。如果将叶轮的转轴与发电机的转轴相连,就会带动发电机发出电来。孩童玩的纸质风车就是风力机的雏形,在它的轴上装个极微型的发电机就可发电。

但直至 20 世纪 80 年代,风力发电技术才不断发展并日渐成熟,以适合工业应用。原因在于风力发电机发出的电时有时无,电压和频率不稳定,是没有实际应用价值的。一阵狂风吹来,风轮越转越快,系统就会被吹垮。为解决这些问题,风力发电机需要安装齿轮箱、偏航系统、液压系统、制动系统和控制系统等。现代风机是无人值守的,风机的控制系统,要在恶劣的条件下,根据风速、风向对系统加以控制,在稳定的电压和频率下运行,自动地并网和脱网,并监视齿轮箱与发电机的运行温度以及液压系统的油压,对出现的任何异常进行报警,必要时自动停机。

在当今世界新能源开发技术中,风力发电是最成熟、最有商业利用价值的发电方式之一,其装机容量正在不断扩大,全球风力发电量占总发电量的比例也在逐步增加。

5) 太阳能发电

太阳能发电的方式主要有通过热过程的“太阳能热发电”(塔式发电、抛物面聚光发电、热离子发电、热光伏发电、温差发电等)和不通过热过程的“光伏发电”、“光感应发电”、“光化学发电”及“光生物发电”等。目前,可进行商业化开发的主要是太阳能热发电和太阳能光伏发电两种。

太阳能热发电站的热循环系统和常规热力发电厂基本相近,它们的汽轮发电部分则完全一样,都是产生过热蒸汽驱动汽轮发电机组发电,不同之处在于使用不同的一次能源。常规热力发电厂燃烧矿物燃料,太阳能热发电站收集太阳辐射能为能源。典型太阳能热发电系统由聚光集热子系统、储热子系统、辅助能源子系统和汽轮发电子系统部分组成。

太阳能光伏发电系统由太阳能电池板、太阳能控制器、蓄电池(组)组成。如输出电源为 AC 220V 或 AC 110V,还需要配置逆变器。太阳能电池板是太阳能发电系统中的核心部分,也是太阳能光伏发电系统中价值最高的部分。其作用是将太阳的辐射能