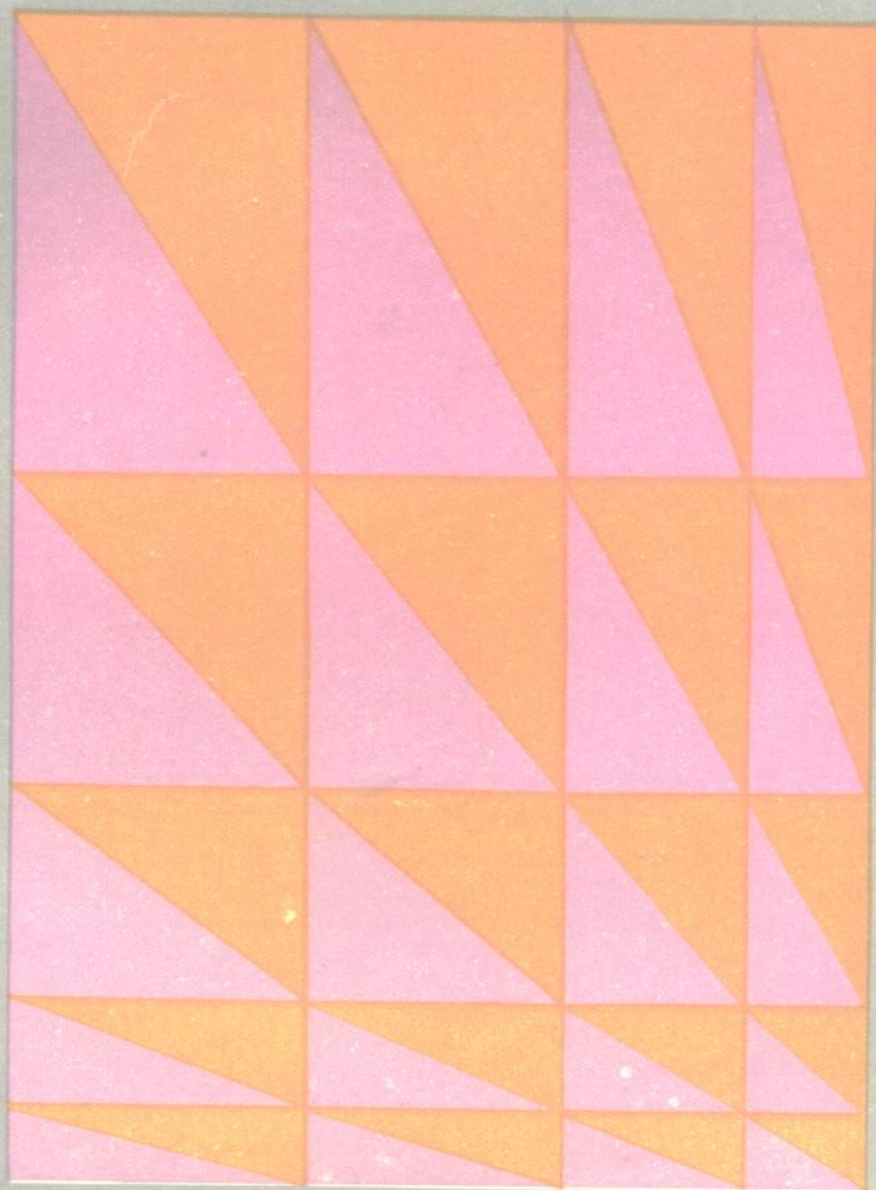


高等工科院校系列教材

# 发电厂 变电站电气部分

牟道槐 主编



重庆大学出版社

发电厂 变电站电气部分

重

M6A  
94

388468

# 发电厂 变电站电气部分

牟道槐 主编



重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书讲述发电厂、变电站电气一次部分设计与运行的基本理论和计算方法。主要内容为：配电设备的运行原理与基本参数；电气一次接线及配电装置的结构与运行特点；配电设备的选择计算；测量、信号与控制系统；同步发电机的运行操作与调节；变压器的负载能力以及配电设备的运行与维护。

本书为电力专业教材，也可供从事电力工作的工程技术人员参考。

DW08/01



重庆大学出版社出版发行  
新华书店经销  
重庆建筑大学印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：16.25 字数：405千  
1996年4月第1版 1996年4月第1次印刷  
印数：1—6000

ISBN7-5624-1121-2/TM·48 定价：13.00元

(川)新登字020号

## 序

近年来我国高等专科教育发展很快,各校招收专科生的人数呈逐年上升趋势,但是专科教材颇为匮乏,专科教材建设工作进展迟缓,在一定程度上制约了专科教育的发展。在重庆大学出版社的倡议下,中国西部地区14所院校(云南工学院、贵州工学院、宁夏工学院、新疆工学院、陕西工学院、广西大学、广西工学院、兰州工业高等专科学校、昆明工学院、攀枝花大学、四川工业学院、四川轻化工学院、渝州大学、重庆大学)联合起来,编写、出版机类和电类专科教材,开创了一条出版系列教材的新路。这是一项有远见的战略决策,得到国家教委的肯定与支持。

质量是这套教材的生命。围绕提高系列教材质量,采取了一系列重要举措:

第一,组织数十名教学专家反复研究机类、电类三年制专科的培养目标和教学计划,根据高等工程专科教育的培养目标——培养技术应用型人才,确定了专科学生应该具备的知识和能力结构,据此制订了教学计划,提出了50门课程的编写书目。

第二,通过主编会议审定了50门课程的编写大纲,不过分强调每门课程自身的系统性和完整性,从系列教材的整体优化原则出发,理顺了各门课程之间的关系,既保证了各门课程的基本内容,又避免了重复和交叉。

第三,规定了编写系列专科教材应该遵循的原则:

1. 教材应与专科学生的知识、能力结构相适应,不要不切实际地拔高;
2. 基础理论课的教学应以“必须、够用”为度,所谓“必须”是指专科人才培养规格之所需,所谓“够用”是指满足后续课程之需要。
3. 根据专科的人才培养规格和人才的主要去向,确定专业课教材的内容,加强针对性和实用性;
4. 减少不必要的数理论证和数学推导;
5. 注意培养学生解决实际问题的能力,强化学生的工程意识;
6. 教材中应配备习题、复习思考题、实验指示书等,以方便组织教学;
7. 教材应做到概念准确,数据正确,文字叙述简明扼要,文、图配合适当。

第四,由出版社聘请学术水平高、教学经验丰富、责任心强的专家担任主审,严格把住每门教材的学术质量关。

出版系列专科教材堪称一项“浩大的工程”。经过一年多的艰苦努力,系列专科教材陆续面市了。它汇集了中国西部地区14所院校专科教育的办学经验,是西

部地区广大教师长期教学经验的结晶。

纵观这套教材,具有如下的特色:它符合我国国情,符合专科教育的教学基本要求和教学规律;正确处理了与本科教材、中专教材的分工,具有很强的实用性;与出版单科教材不同,有计划地成套推出,实现了整体优化。

这套教材立足于我国西部地区,面向全国市场,它的出版必将对繁荣我国的专科教育发挥积极的作用。这套教材可以作为大学专科及成人高校的教材,也可作为大学本科非机类或非电类专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。因此我不揣冒昧向广大读者推荐这套系列教材,并希望通过教学实践后逐版修订,使之日臻完善。

吴云鹏

1993年  
仲夏

# 前 言

本课程是电力专业学生首先学习的专业课之一,内容十分广泛,理论与实际联系紧密,涉及许多工程概念,因此易于使缺乏工程实践的学生感觉困难。

为避免繁琐,作者按实用原则选材,着重讲述基本理论与概念,并按下述顺序编排内容:1)发电厂、变电站电气设备、接线的基本概念与定义;2)配电设备的工作原理与参数;3)电气一次接线及其工程实施(配电装置);4)配电设备的选择计算;5)测量、信号与控制系统;6)发电机、变压器及配电设备的运行操作与调节。作者的愿望是使学生能循序渐近,在众多的内容中掌握分析问题的基本思想并形成清晰的概念。

参加本书编写的有:重庆大学牟道槐(1、2、14、15章),陕西工学院李玉盛(3、6、16章),兰州工业高等专科学校马良玉(9、10、11、12章),贵州工学院李昌宁(7、8章)、云南工学院张丽(4、5、13章)。

全书由牟道槐统稿,重庆大学阎超主审。

作者诚挚地希望读者对本书的编写提出意见。来信请按邮编 630044 寄重庆大学电气工程系牟道槐。

最后,对支持本教材编写、出版工作的个人及单位表示衷心的感谢。

作者

1995年6月

# 目 录

## 前言

第一篇 基本概念与定义	1
第一章 发电厂、变电站的基本型式 电能质量与供电可靠性	1
1-1 热电站	1
1-2 原子能电站	3
1-3 水电站与抽水蓄能电站	4
1-4 变电站的基本型式	5
1-5 电能质量与供电可靠性	6
第二章 发电厂、变电站电气接线、设备的基本概念与定义	10
2-1 一次接线与二次接线	10
2-2 同步发电机、变压器的基本型式与参数	11
2-3 配电设备的功能及分类	14
第二篇 配电设备的工作原理与基本参数	16
第三章 开关电器	16
3-1 开关电器的电弧及灭弧原理	16
3-2 开关电器的分类	24
3-3 开关电器的参数	29
第四章 限流电器	33
4-1 限制短路电流的措施	33
4-2 普通限流电抗器与分裂电抗器	35
4-3 分裂变压器的工作原理与参数	38
第五章 互感器	42
5-1 互感器的作用与工作特性	42
5-2 互感器的误差分析	44
5-3 电压互感器的分类与参数	50
5-4 电压互感器的配置原则与接线形式	54
5-5 电流互感器的分类与参数	56
5-6 电流互感器的配置原则与接线形式	59
第六章 导体与绝缘子	62
6-1 长期发热与短时发热的定义及对电气设备的危害	62
6-2 导体发热功率与散热功率的计算	62
6-3 导体的长期发热与容许电流	66
6-4 短路时导体发热最高温度的计算	69
6-5 $\int_0^t i^2 dt$ 的等效计算	71

6-6 通过短路电流时导体热稳固性的工程条件 .....	73
6-7 载流导体间的电动力 .....	74
6-8 短路时硬导体的动稳固性计算 .....	79
6-9 导体的分类与参数 .....	82
6-10 绝缘子的分类与参数 .....	89
<b>第三篇 电气一次接线、配电装置的结构型式与运行特点</b> .....	<b>93</b>
<b>第七章 电气主接线的结构形式 运行与操作</b> .....	<b>93</b>
7-1 概述 .....	93
7-2 电气主接线形式的分类 .....	95
7-3 有母线系统的接线 .....	96
7-4 简易接线 .....	103
7-5 单元接线 .....	105
7-6 主变压器的台数、容量及型式的选择 .....	106
7-7 电气主接线形式选择的技术经济比较 .....	109
7-8 典型主接线分析 .....	113
7-9 电气主接线设计举例 .....	118
<b>第八章 自用电接线</b> .....	<b>122</b>
8-1 发电厂自用电系统的工作机械及其运行特性 .....	122
8-2 热电厂的自用电接线 .....	126
8-3 原子能电站的自用电接线 .....	132
8-4 水电厂的自用电接线 .....	135
8-5 变电站的自用电接线 .....	137
<b>第九章 配电装置的结构型式</b> .....	<b>140</b>
9-1 概述 .....	140
9-2 配电装置的最小安全净距 .....	140
9-3 屋内配电装置的结构型式 .....	143
9-4 屋外配电装置的结构型式 .....	148
9-5 成套配电装置 .....	150
<b>第四篇 配电设备的选择计算</b> .....	<b>154</b>
<b>第十章 配电设备的选择计算</b> .....	<b>154</b>
10-1 选择配电设备的通用计算条件 .....	154
10-2 开关电器的其它选择条件 .....	157
10-3 限流电抗器的其它选择条件 .....	159
10-4 互感器的其它选择条件 .....	161
10-5 导体与绝缘子的其它选择条件 .....	165
<b>第五篇 电气二次接线</b> .....	<b>172</b>
<b>第十一章 测量、信号与控制系统</b> .....	<b>172</b>
11-1 二次接线图 .....	172
11-2 测量系统 .....	177
11-3 信号系统 .....	178
11-4 断路器的操动系统与控制电路 .....	182
11-5 应用计算机的自动化监测系统 .....	184



第十二章 操作电源	187
12-1 交流操作电源	187
12-2 硅整流型直流操作电源	189
12-3 蓄电池直流操作电源	192
12-4 电气接线的绝缘监视	196
第六篇 电气设备的运行与操作	200
第十三章 同步发电机的正常运行与操作	200
13-1 同步发电机的同期系统与并列操作	200
13-2 同步发电机的励磁系统与无功——电压调节,电力系统电压变化的影响	205
13-3 同步发电机的调速系统与有功——频率调节,电力系统频率变化的影响	211
13-4 同步发电机的解列与停机操作	214
第十四章 同步发电机的异常运行状态与事故处理	217
14-1 不对称运行特性及其限制	217
14-2 失磁异步运行特性及其限制	218
第十五章 变压器的负载能力	222
15-1 变压器的热状态与绝缘寿命	222
15-2 变压器的额定容量与过载能力	224
15-3 三绕组自耦变压器的功率传输	226
第十六章 配电设备的运行与维护	230
16-1 开关电器的运行与维护	230
16-2 电抗器的运行与维护	231
16-3 互感器的运行与维护	231
16-4 导体与绝缘子的运行与维护	232
附录 电气设备参数	234
参考文献	249

# 第一篇 基本概念与定义

## 第一章 发电厂、变电站的基本型式 电能质量与供电可靠性

在高速度发展的现代社会中,电力工业在国民经济中的作用已为人所共知;它不仅全面地影响国民经济其它部门的发展,同时也极大地影响人民的物质与文化生活水平的提高,影响整个社会的进步。

电能生产与消耗的同时性更加要求在自力更生的基础上发展本国的电力工业。同时,为了减少传输损耗,特别是为了保证电力系统运行的安全稳定性,应尽可能地作到各大区电力系统发电功率与受电负荷的平衡。

然而,由于各地区的自然资源条件、交通条件往往有很大的差别,包括电力工业在内的国民经济各部门的发展条件各不相同,正确地进行电源布局、电网建设,成为合理实现发、受电功率平衡的关键。因此必须了解各种类型电站与变电站的特点。

发电厂是“生产”电能的工厂,它将其天然能源转换为电能。按输入能源形式及转换过程的不同可将发电厂的形式分为下列四类:

(1)热电站。其下又分为凝汽式电站和热力化电站。后者除发电外还兼供热。此类电站是将燃料燃烧后使其化学能经热能、机械能等中间变换形式最终转换为电能。

(2)原子能电站。其使用的燃料为核燃料,因此又称为核电站。其能量转换过程的最后部分仍包括热能→机械能→电能的转换,因此可以视原子能电站是一种极为特殊的热电站。

(3)水电站与抽水蓄能电站。其原始能量为水的势能。普通水电站仅实施由水的势能向电能的单向转换,即只能发电。抽水蓄能电站还可在电力系统负荷低谷区将下库尾水抽至上库,即实现电能向水的势能的逆变换,起到了蓄积能量的作用,实质上是一个特大容量的“蓄电池”。

(4)其它型式电站。它包括一些小容量的电站:柴油机电站;具有燃气轮机或蒸汽燃气装置的电站及一些利用间断性能源的电站:太阳能电站,风力电站,地热电站和潮汐电站。此类电站在电力系统中所占比例甚小。

### 1-1 热电站

此类电站的装机容量占电力系统总的发电装机容量的大部分。目前在我国电力系统中,此类机组的单机容量已达 60 万 kW,最大电站容量已逾 200 万 kW。随着单机容量的提高,汽轮机进汽参数(压力与温度)的提高,其热效率也随之提高,因此在电力系统中主要承担基荷,其

设备利用时间(全年发电量/机组安装容量)一般在 5000 小时/年及以上。

热电站使用的燃料有 3 种:1)固体燃料(例如煤);2)液体燃料(例如重油);3)气体燃料(例如天然气)。不对外供热的称为凝汽式电站,对外供热的称为热力化电站(常简称为热电站)。

图 1-1 示出凝汽式电站的生产过程(汽水循环及电气接线)。图中示出了一个独立单元的  
主体设备:锅炉、汽轮机、发电机和升压变压器。其中汽轮机由高、低压两段组成、采用了中间再  
热形式。每一个单元仅在电气部分高压或中压母线上实现横向联络。

凝汽式电站中以煤作燃料的电站所占比例最大,为了减少煤的远距离运输,在其它建站条  
件允许的情况下,应尽可能将电站建在煤矿附近,尽管可能增加输电距离,但在经济上仍然更  
为合理。水源是建设热电站最为重要的条件之一。按照热力循环的要求需要大量的循环水以  
保证凝汽器正常工作,保证汽轮机排汽压力、温度等参数以提高汽轮机的效率。凝汽式电站不  
可避免的有大量的热能损失于循环水中。计及自身厂用电消耗,凝汽式电站的效率不超过  
32—40%。

凝汽式电站的机动性较差,它从准备起动到机组带满负载约需 3—6 小时。同时,汽轮机有  
最低运行负载限制(由汽轮机的结构及燃料类型决定)。因此,一般汽轮发电机组均应在额定负  
载或其附近运行,其负载曲线较为平坦。

利用煤、石油、天然气等有机燃料的热电站要向大气排放硫和碳的氧化物,这些气体聚集  
于上层空间产生温室效应使地面变暖,造成世界海洋平面升高,淹没近海大陆,长此下去将造  
成严重的后果。因此必须限制有机燃料的燃烧并将节约能源的重要意义提高到维护生态环境  
的高度。

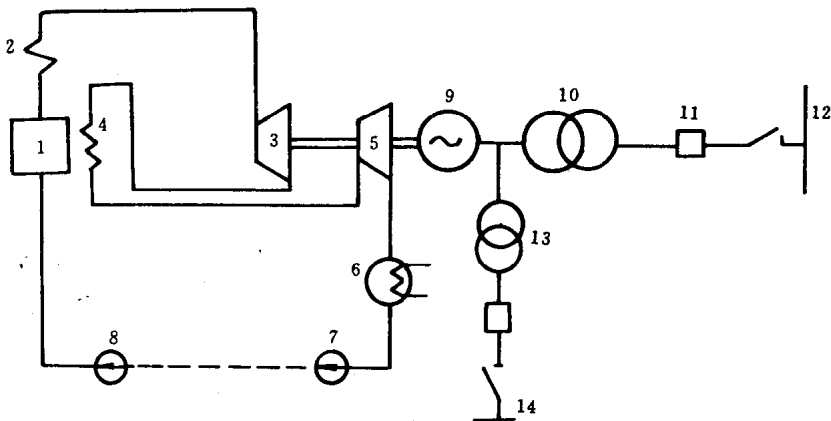


图 1-1 凝汽式电站的生产过程

- 1—锅炉;2—蒸汽过热器;3—汽轮机高压段;4—中间蒸汽过热器;5—汽轮机低压段;6—凝汽器;7—凝结水泵;  
8—给水泵;9—发电机;10—主变压器;11—断路器;12—主母线;13—站用变压器;14—厂用电高压母线

热电站与凝汽式电站的差别是它除了对外供电外,还要利用在汽轮机中作功后的蒸汽,对  
近区工业企业及城市供热,以满足其生产、采暖、通风、热水供应的需要。此种热、电联合供应的  
方式较之于热、电分别独立供应的方式更为经济。

一般热水供应半径在 10km 范围内,郊区热电站以较高的初始温度向市内供应热水时其  
距离可达 30km。供应生产用蒸汽在压力为 0.8—1.6MPa 的情况下距离应不超过 2—3km。

应根据用户的热负荷容量及参数选择热电站的安装容量及型式。一般情况下往往选择具有1级或2级抽汽的汽轮机(如图1-2所示),它可以独立地调节供热量与发电量以适应变化的热负荷的要求。当热量要求很大或较为恒定的情况下可以采用背压式汽轮机,发电后的全部蒸汽均用于对外供热,因此电站中没有凝汽器,其发电量取决于供热量。由于减少或完全没有凝汽器中的热损耗,因此热电站有很高的经济效益。

热电站应与凝汽式电站、水电站及其它电站联合运行,以适应冬、夏两季峰、谷热负荷的要求。热电站所占的比例与当地的气候条件及工业企业的热负荷状态有关,寒冷地区热、电能量比可高达各占一半。

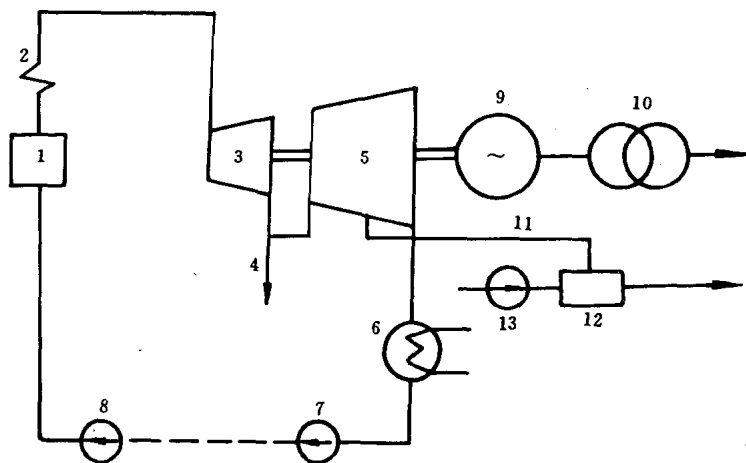


图1-2 热力化电站的生产过程

1—锅炉;2—蒸汽过热器;3—汽轮机高压段;4—生产抽汽;5—汽轮机低压段;6—凝汽器;  
7—凝结水泵;8—给水泵;9—发电机;10—主变压器;11—供热抽汽;12—蒸汽加热器;13—供热泵

## 1-2 原子能电站

原子能电站是利用核反应能量(即使用核燃料)的热电站,其生产过程如图1-3所示。

一般使用的核燃料为U-235的同位素,在天然铀中其含量约为0.714%。核燃料在核反应堆中裂变而释放出热量,然后由传热工质(通常为水)吸收其热量而加以利用。

铀核裂变时生成高能量的快中子,在铀的含量不高的情况下,由快中子的作用不能使链式反应得到发展,因此应将快中子减速为慢中子,通常使用的减速剂为水、重水或石墨。

限制原子能电站单元容量的主要因素是考虑其核反应堆事故时的安全性。

由于原子能电站生产工艺上的要求,目前此类电站在电力系统中承担基荷,设备年利用小时数在6500小时以上。

由于原子能电站不燃烧有机燃料,因此不向大气排放硫和氮的氧化物以及碳酸气,从而降低了可能导致全球气候变化的环境污染。

发展原子能电站是我国电力工业的前景之一,目前我国才刚刚起步。一些国家原子能电站

生产的电能已超过总电量的一半,其中法国大约为 75%。

极少数原子能电站的事故教训提醒设计者必须进一步提高原子能电站的安全性,不应将其建立在人口稠密地区和地震活动地区。尽管如此,从人类生态环境考虑,原子能电站仍应为电站发展的方向。

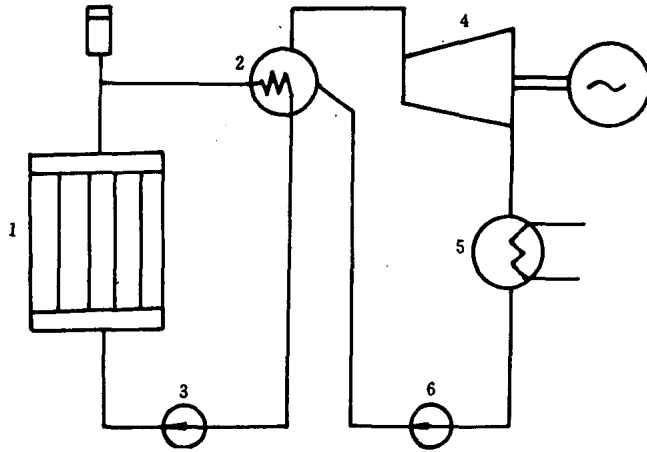


图 1-3 原子能电站的生产过程

1—核反应堆;2—蒸汽锅;3—循环泵;4—汽轮机;5—凝汽器;6—给水泵

### 1-3 水电站与抽水蓄能电站

水电站的建设一般被列入综合利用水资源项目:发电、内河航运及灌溉。水电站通常均建有水库以便于蓄积水量和调节水的消耗以保证水资源的最佳利用。按水库容量与发电容量的相对关系其调节时间周期可能为 1 日、1 周、1 月或数月甚至更长。

水电站的运行方式应保证系统中其它热电站、原子能电站等消耗燃料为最小。因此,一般在丰水期满载运行以免弃水,在枯水期承担尖峰负荷。效益最佳的运行方式往往取决于多种因素并由相应的优化计算来确定。

水电机组的特点是能快速启动与停运,并能在运行中由空载到满载大幅度地改变负荷。水轮发电机的轴较汽轮发电机为短,因此其热变形也较小,使之能适应负荷的快速变化。在水机自动化设备的控制与调节下,水轮发电机组从启动到带满负荷仅需几分钟。

水电站的设备年利用小时数较热电站为短。调峰电站约为 1500—3000 小时,带基荷的电站约为 5000—6000 小时,后者一般为大江上的径流式电站。

由于水工建筑工程量很大,因此水电站的单位千瓦投资较热电站高且建设时间长。但由于生产不消耗燃料,因而其发电成本较低。

水电站的容量取决于落差和水量两个因素的乘积。水量取决于气候条件与积雨面积,确定于站址区域的天然水文条件,落差则依赖于坝的高度。为减少淹没损失,水电站宜建于山区或

半山区,同时还应考虑对渔业资源的影响。大型水电站还应考虑对生态环境等多方面的影响。

为了利用水电机组快速起停及大幅度改变负荷的调峰能力,改善热电机组及原子能电站的运行状态,电力系统应建设一定比例的水电站。但是,由于水文地理条件的限制,一些地区不具备建设一般水电站的条件,因此需要建设抽水蓄能电站以补充水电装机容量。

抽水蓄能电站的结构特点是:1)水工建筑具有上库与下库;2)既有水轮发电机组,也有电动水泵机组。两者可能合为一体,即电机既是发电机也是电动机,水机既是水轮机也是水泵,正转发电,反转提水。这种电站在系统高峰负荷时发电,低谷负荷时提水,因此不受水文条件的限制,仅需要天然来水补充蒸发损失及漏水损失等消耗。因此,它可以尽可能地靠近负荷中心建设以减少传输线路投资及损耗。抽水蓄能电站可以保证大型热电机组和核电机组有较为平整的负荷曲线而取得显著的技术经济效益。特别是大容量核电站的投入,为了保证核电机组的安全平稳的运行往往需要配套建设抽水蓄能电站。抽水蓄能电站的实质相当于一个极大容量的交流蓄电装置,用以改善电力系统的运行调度。

抽水蓄能电站的总效率取决于发电效率与提水效率的乘积,约为65—75%。当发电机组与电动机组合为一体时,为了提高水机效率,往往需要发电与提水有不同的转速。如为同步机,则需改变磁极对数,这时电机结构及其控制系统将大为复杂化,同时大容量同步电动机起动的难度较大。如能将同步电机异步化(可小范围改变转速)或在容量不大的情况下使用传统异步电机作为发电—电动机,将使上述两个问题都得以简化。

## 1-4 变电站的基本型式

电力系统的变电站可分为两大类:1)发电厂的变电站,称为发电厂的升压变电站,其作用是将发电厂发出的有功及无功功率送入电力网,因此其使用的变压器选升压型;低压为发电机额定电压,高、中压主分接头电压为电网额定电压的110%。2)电力网的变电站,一般选用降压型变压器,即作为功率受端的高压主分接头电压为电网额定电压,功率送端中、低压主分接头电压为电网额定电压的110%。具体选择应根据电力网电压调节计算来确定。

电力网的变电站可分为3种:1)枢纽变电站。其主要作用是联络本电力系统中的各大电厂与大区域或大容量的重要用户,并实施与远方其它电力系统的联络,是实现联合发、输、配电的枢纽,因此其电压最高,容量最大,是电力系统的最上层变电站。2)区域变电站。其主要作用是对一个大区域供电。因此其高压进线来自枢纽变电站或附近的大型发电厂,其中、低压对多个小区域负荷供电,并可能接入一些中、小型电厂。区域变电站是电力系统的中层变电站。3)配电变电站。其主要作用是对一个小区域或较大容量的工厂供电,是电力系统最下层的变电站。其低压出线分布于该小区,沿途接入小容量变压器,降压供给小容量的生产和生活用电。工厂内则下设车间变电所对各车间供电。重要的工厂可能设自备电厂,该电厂也接入配电变电站的低压母线,正常运行时自备电厂除供给本厂负荷外还可能有剩余功率对外输出,这时该变电站实际上为自备电厂的升压变电站,当自备电厂停运时,外部电力系统经该变电站将功率送入,这时该变电站为一降压变电站,因此常称此种变电站为工厂与电力系统的联络变电站,考虑功率的双向传送,其变压器可能需要选用有载调压变压器。

## 1-5 电能质量与供电可靠性

### 一、电能质量的标准

电能质量指的是用电点的电压、频率与规范标准的偏离程度。电能质量不合格将导致受电及用电设备不能正常工作并严重影响其寿命甚至危及运行的安全,照明设备还将对人体生理造成危害。

通用的电能质量基本标准包括:1)电压偏移  $\delta U$ ;2)电压变化摆幅  $\delta U_i$ ;3)电压摇摆剂量  $\psi$ ;4)电压波形的非正弦系数  $K$ ;5) $n$ 次谐波分量系数  $K_{U(n)}$ ;6)负序电压系数  $K_{2U}$ ;7)零序电压系数  $K_{0U}$ ;8)频率偏移  $\Delta f$ ;9)电压塌陷时间  $\Delta t$ ;10)脉冲电压  $U_{IMP}$ 。分述如下:

#### (1)电压偏移 $\delta U$

按式(1-1)定义  $\delta U$ 。

$$\delta U = \frac{U - U_e}{U_e} \cdot 100 \quad (1-1)$$

其中, $U$ ——电压有效值(kV);

$U_e$ ——电压额定值(kV)。

允许电压偏移列于表 1-1。事故后状态允许电压负偏移较正常状态放宽 5%。

表 1-1 用电器允许电压偏移百分值

运行状态	电动机	室内照明灯具	其它电器
正 常	-5—+10	-2.5—+5	-5—+5
事故后	-10—+10	-7.5—+5	-10—+5

#### (2)电压变化摆幅

电压变化的摆幅按式(1-2)定义,示于图 1-4。

$$\delta U_i = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{\sqrt{2}U_e} \cdot 100 \quad (1-2)$$

其中, $U_i$ 、 $U_{i+1}$ ——电压幅值包络线相邻两极值点电压。

当每分钟内出现的摆动次数愈多时,电压变化摆幅允许值愈小。当摆动次数在每分钟 1 次及以内时,对一般的室内照明白炽灯,其允许摆幅为 4%。

#### (3)电压摇摆剂量

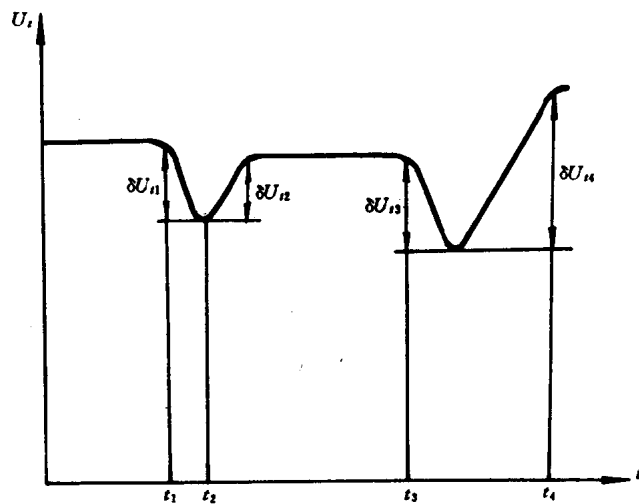


图 1-4 电压变化摆幅

周期性的或近似于周期性的电压摇摆对人体生理危害的剂量可按式(1-3)定义:

$$\psi = \frac{1}{\theta} \int_{t-\theta}^t \sum_{f=1}^n (g_f \cdot \delta U_f)^2 dt \quad (1-3)$$

其中,  $\delta U_f$ ——电压变化曲线摇摆频率为  $f$  的富里叶分量有效值;

$g_f$ ——电压变化有效值摆幅的等效折算系数与摇摆频率的关系列于表 1-2;

$\theta$ ——取平均值的时间区间长度, 为 10min;

$n$ ——所考虑摇摆最高频率。

表 1-2 电压摇摆剂量等效折算系数  $g_f$

电压摇摆频率 $f$ (1/分)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
折算系数 $g_f$	0.107	0.132	0.153	0.161	0.171	0.181	0.193	0.207
电压摇摆频率 $f$ (1/分)	9.0	10	20	30	40	50	60	70
折算系数 $g_f$	0.215	0.223	0.264	0.299	0.322	0.341	0.363	0.377

对于一般室内照明白炽灯, 电压摇摆对人体生理危害的剂量标准为 0.034。

#### (4) 电压波形的非正弦系数

电压波形的非正弦系数按式(1-4)定义:

$$K_{NSU} = 100 \sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2 / U_e^2} \quad (1-4)$$

其中,  $U_{(n)}$ ——电压的  $n$  次谐波有效值, (kV);

$n$ ——电压谐波次数;

$N$ ——所考虑的谐波最高次数。

确定电能质量指标时, 可不计  $n > 40$  和所占比例小于 0.3% 的谐波分量, 并按下式计算:

$$K_{NSU} = 100 \sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2 / U_{(1)}^2} \quad (1-5)$$

其中,  $U_{(1)}$ ——基波有效值(kV)。

电压波形非正弦系数的允许值列于表 1-3。

表 1-3 电压波形非正弦系数允许值

电压等级	1kV 及以下	6—20kV	35kV	110kV
正常状态	5	4	3	2
最大允许值	10	8	6	4

#### (5) $n$ 次谐波分量系数

$n$  次谐波分量系数按式(1-6)定义:

$$K_{U(n)} = 100 U_{(n)} / U_e \quad (1-6)$$

其中,  $U_{(n)}$ —— $n$  次谐波有效值。

允许按(1-7)式计算:

$$K_{u(n)} = 100 U_n / U_{(1)} \quad (1-7)$$



其中,  $U_{(1)}$  —— 基波有效值。

通用的谐波分量系数标准列于表 1-4。

表 1-4 谐波分量系数通用标准

电压等级	1kV 及以下	6—20kV	35kV	110kV
奇次谐波	6	5	4	2
偶次谐波	3	2.5	2	1

(6) 负序电压系数  $K_{2U}$

负序电压系数按式(1-8)定义:

$$K_{2U} = 100U_{2(1)}/U_1 \quad (1-8)$$

其中,  $U_{2(1)}$  —— 三相电压系统中负序基波分量的有效值。

负序分量系数正常允许值为 2%, 最大限值为 4%。

(7) 零序电压系数  $K_{0U}$

零序电压系数按式(1-9)定义:

$$K_{0U} = 100 \sqrt{3}U_{0(1)}/U_1 \quad (1-9)$$

其中,  $U_{0(1)}$  —— 三相电压系统相电压基波零序分量有效值。

当电压波形非正弦系数不超过 5% 时, 可按下式计算:

$$K_{0U} = 100 \sqrt{3}U_{0(1)}/U_{1(1)} \quad (1-10)$$

其中,  $U_{1(1)}$  —— 基波线电压有效值。

零序分量系数正常允许值为 2%, 最大限值为 4%。

(8) 频率偏移  $\Delta f$

频率偏移按(1-11)式定义:

$$\Delta f = f - f_N \quad (1-11)$$

其中,  $f$  —— 频率值(Hz);  $f_N$  —— 频率额定值。

频率偏移正常允许值为  $\pm 0.2\text{Hz}$ , 最大限值为  $\pm 0.4\text{Hz}$ 。

(9) 电压塌陷时间  $\Delta t_p$

见图 1-5。电压塌陷时间按(1-12)式定义:

$$\Delta t_p = t_f - t_B \quad (1-12)$$

其中,  $t_f, t_B$  —— 电压塌陷的起始及终止时间(s)。

(10) 脉冲电压  $\delta U_{IMP}$  及其持续时间

$t_{imp, 0.5}$

见图 1-6。脉冲电压按(1-13)式定义:

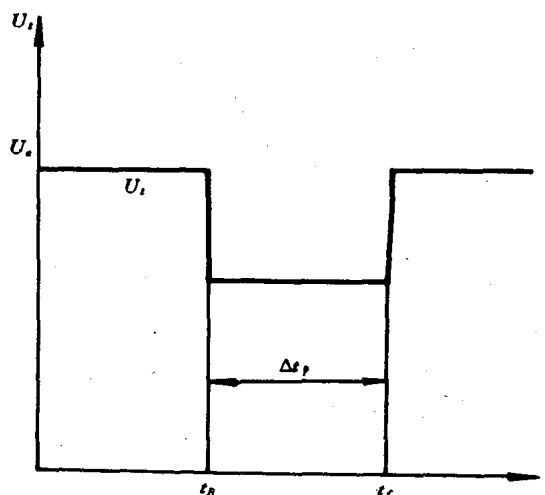


图 1-5 电压塌陷时间