

水电站电气部分

应明耕主编
浙江大学出版社

水电站电气部分

应明耕 主编

浙江大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍小型水电站电气部分的短路电流的计算, 高低压电气设备的工作原理及选择, 电气主接线和配电装置的分析和应用, 水电站的防雷和接地, 水电站的测量、控制、信号、同期回路以及小型水电站电气设备总体布置和运行、管理、安装、检修等方面的知识。

本书为中等专业学校水电站电力设备专业水电站电气设备课程教材, 也可作为高等专科学校、职工中等专业学校、水电技工学校有关专业的教学用书, 也可供从事小型水电站设计、运行、安装、检修的技术人员和工人参考。

水 电 站 电 气 部 分

应 明 耕: 主 编

责任编辑 应 伯 根

* * *

浙 江 大 学 出 版 社 出 版

三 墩 印 刷 厂 印 刷

浙 江 省 新 华 书 店 发 行

* * *

开本787×1092 1/16 印张: 29 字数: 705千字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数1—12 000

ISBN 7-308-00078-8

TV·001 定价: 4.75元

前 言

水电站电力设备专业为水利电力部新设的专业，其专业面向为单机500~6000kW、总装机容量25000kW以下、出线电压不超过35kV的小型水电站。该专业的水电站电气设备课程无合适的教科书，其他专业使用的教材不能满足教学需要，在各有关学校的倡议和协助下，在水利电力部教育司、水利水电类教学研究会等各级组织的关心和支持下，本书以较快的速度与读者见面了。

本书根据1982年4月通过的水电站电力设备专业水电站电气设备课程教学大纲编出教材编写提纲，1983年8月召开课程组会议讨论、修改并通过了教材编写提纲。经水利电力部原中等专业学校机电类教学研究会批准请有关学校教师编写而成，1987年4月召开教材审稿会议，讨论并修改了教材内容，最后定稿。

本书第一、四、五、六章由福建水利电力学校简浩华编写；第二、三章由四川水利电力学校郭尊民编写，并担任本书的主审；第七、八章由安徽水利电力学校刘孝荃编写；第九、十章由湖南水利水电学校李成模编写；第十一章至第十九章和附录部分由浙江水利水电学校应明耕编写，并担任本书的主编。

贵州水利电力学校于自立、广东水利电力学校蚁泽沛、江西水利水电学校钱武、广西水电学校周志良和浙江水利水电学校华孝敏、朱文涛参加了审稿会，提出很多中肯的意见，在此谨表谢意。

本书着重阐述基本理论和基本方法，既有一定的理论基础，又有一定的实际知识，结合我国小水电的实际情况，重点介绍已使用的新设备、新技术，对仍在使用的旧型设备也作适当介绍。本书力求有较强的实践性和针对性，并注意体现科学性、系统性和先进性。若本课程教学时数不够，运行管理部分可结合生产实践进行教学或自学。

由于编者的知识水平和实践经验有限，编写时间仓促，书中缺点和错误不少，恳请广大读者批评指正。

作 者

1987年7月

目 录

第一篇 水电站电气设备

第一章 发电厂和电力系统概述	1
第一节 我国电力工业的发展.....	1
第二节 水电站电气设备概述.....	4
第三节 电力系统概述.....	9
第二章 电力系统中性点的运行方式	14
第一节 中性点不接地系统.....	14
第二节 中性点经消弧线圈接地系统.....	17
第三节 中性点直接接地系统.....	20
第三章 短路电流计算	22
第一节 概述.....	22
第二节 标么值.....	24
第三节 电力系统中各元件的电抗.....	26
第四节 短路电流的计算程序.....	27
第五节 无限大容量电力系统供电的电路内三相短路.....	34
第六节 发电机供电电路内三相短路.....	38
第七节 用运算曲线法计算短路电流.....	44
*第八节 已知电力系统不同数据时短路电流的计算.....	52
第九节 对称分量法在不对称短路计算中的应用.....	57
第十节 各序电抗和序网络图.....	60
第十一节 不对称短路时短路电流的计算.....	64
*第十二节 短路电流的限制.....	78
第四章 电弧的基本理论及电气触头	81
第一节 电弧的形成与熄灭.....	81
第二节 直流电弧的熄灭.....	85
第三节 交流电弧的特性及熄灭.....	88
第四节 熄灭电弧的基本方法.....	92
第五节 电气触头.....	95

第五章 电气设备	99
第一节 熔断器	99
第二节 低压开关	108
第三节 高压断路器的基本知识	121
第四节 油断路器	124
第五节 断路器的操作机构	131
第六节 隔离开关及其操作机构	138
* 第七节 高压负荷开关	142
第八节 绝缘子、母线及电缆	144
第九节 电压互感器	152
第十节 电流互感器	157
第六章 电气设备的选择	165
第一节 短路电流的电动力及发热计算	165
第二节 电气设备选择的一般条件	169
第三节 高压开关及熔断器的选择	174
第四节 载流导体及绝缘子的选择	177
第五节 互感器的选择	183
第六节 高压电气设备选择实例	185
第七节 低压电气设备的选择	190
第七章 电气主接线及厂用电接线	194
第一节 概述	194
第二节 小型水电站主接线的基本形式	196
第三节 水电站主变压器容量和台数的确定	201
第四节 水电站的电气主接线分析	205
第五节 水电站的厂用电及其接线	207
第八章 配电装置	220
第一节 概述	220
第二节 屋内配电装置	224
第三节 屋外配电装置	234
第九章 接地装置	246
第一节 概述	246
第二节 接地装置的敷设	251
* 第三节 工频接地电阻的计算和测量	255

第十章 防雷保护	260
第一节 大气过电压.....	260
第二节 避雷针和避雷线.....	263
第三节 避雷器.....	268
第四节 水电站的防雷保护.....	275
第十一章 操作电源	281
第一节 概述.....	281
第二节 蓄电池.....	282
第三节 蓄电池直流系统.....	288
第四节 整流操作的直流系统.....	293
第五节 交流操作电源.....	295

第二篇 水电站的测量、控制、信号回路

第十二章 测量监察回路	298
第一节 二次回路基本概念.....	298
第二节 测量监察回路.....	300
第三节 绝缘监察.....	304
第十三章 断路器的控制回路	309
第一节 控制回路的基本要求.....	309
第二节 断路器的控制回路.....	312
第三节 灭磁开关控制回路.....	321
第十四章 信号和同期回路	323
第一节 中央信号回路.....	323
第二节 同期点的设置及同期仪表.....	333
第三节 同期装置的接线.....	335
第十五章 安装接线图	341
第一节 二次回路的编号.....	341
第二节 安装接线图.....	345

第三篇 水电站的总体布置及运行管理

第十六章 电气设备总体布置	357
第一节 电气设备总体布置原则.....	357
第二节 主厂房电气设备布置.....	361

第三节	副厂房电气设备布置·····	363
第四节	不设中控室和高压开关室时厂房内电气设备的布置·····	366
第十七章	发电机和变压器的运行·····	368
第一节	水轮发电机的运行·····	368
第二节	变压器的运行·····	372
第十八章	运行管理·····	377
第一节	水电站的安全运行·····	377
第二节	水轮发电机组的试运行·····	382
第三节	水轮发电机组的运行操作·····	385
第四节	水轮发电机组的异常运行及事故处理·····	387
第五节	水电站管理·····	391
第十九章	电气设备的安装与检修·····	401
第一节	电气设备的安装·····	401
第二节	电气设备的交接与预防性试验·····	404
第三节	电气设备的检修·····	413
附 录		
附录一	常用电气图形符号和文字标号·····	417
附录二	短路电流运算曲线数字表·····	423
附录三	电力变压器技术数据·····	427
附录四	母线和电力电缆技术数据·····	430
附录五	熔断器技术数据·····	434
附录六	低压电器技术数据·····	436
附录七	隔离开关技术数据·····	439
附录八	常用高压断路器技术数据·····	440
附录九	负荷开关技术数据·····	441
附录十	绝缘子技术数据·····	442
附录十一	互感器技术数据·····	444
附录十二	阀型避雷器技术数据·····	447
附录十三	各种成套配电装置技术数据·····	448
附录十四	常用二次设备规格·····	454
附录十五	土壤和水的电阻率参考值·····	456

第一篇 水电站电气设备

第一章

发电厂和电力系统概述

第一节 我国电力工业的发展

一、电力工业发展概况

十九世纪七十年代，西方科学技术应用于生产的划时代成就就是发电厂的创建。一个世纪以来，由于电能的许多特殊优点，促使电力技术的不断发展和电力生产的日益增长，迅速改变了社会生产面貌，也深深地影响了人们的生活方式。在科学技术高度发达的今天，电力已成为现代工农业生产、交通运输和人们生活的高级二次能源。

但是，旧中国的电力工业十分落后。世界上最早的发电厂于1875年诞生，1882年，火力发电就开始在上海出现，由外国人投资安装了一台12kW的发电机。水力发电始于1912年，我国首座水电站——云南昆明市滇池出口螳螂川上石龙坝水电站，安装两台240kW水轮发电机组，但设计和设备也都是外国人搞的。从1882年到1949年68年中，电力工业处于半封建、半殖民地社会，经过长期动乱曲折的年代，发展缓慢、畸形。到1949年，全国年发电量仅48亿度，居世界第25位；全国总装机容量仅205万瓩（其中火电169万瓩，水电36万瓩，台湾省除外），居世界第21位。发电厂几乎集中在东北和沿海几个大城市里，设备陈旧、类型庞杂、效率低、安全可靠性能很差，而且电能的规格极不统一。

新中国成立后，党中央、国务院十分重视电力工业的发展。经过三十多年的建设，电力工业从小到大，从沿海到内地，从城市到乡村，从完全依靠外国搞设计、施工和提供设备到基本立足国内，得到了蓬勃发展，一套完整的初具规模的电力工业体系迅速建立了起来。1985年，全国发电量为4107亿度，为1949年的85.6倍，跃居世界第五位，平均每年递增13.1%；全国装机容量为8705万瓩，为1949年的42.5倍，平均每年递增10.9%（其中水电装机容量2642万瓩，水电年发电量为923.7亿度）。三十多年来，我国电力设备制造技术得到了迅速的发展，目前10万、20万和30万瓩的国产汽轮发电机组和水轮发电机组已普遍使用，正在设计试制60万瓩的汽轮发电机组；目前500kV级25万千伏安的变压器已能生

产,低损耗变压器系列的设计和制造成功,缩小了变压器产品和国际水平的差距,是我国变压器技术的一大进步。与装机容量和制造技术的发展相适应,110kV及以上的高压输电线路已由1949年的1937km,增加到1985年的134377km(其中110kV84504km,220kV46056km、330kV1278km和500kV2539km),110kV及以上的变电容量已从1949年的90万千瓦增加到1983年的11680万千瓦,分别增长68.4倍和128.8倍,这样快的发展速度,在世界先进国家电力工业发展史上,也是少有的。自古以来,连年泛滥成灾的黄河已被开发利用并造福于人民,在其中上游已建设了总装机容量为331.4万千瓦的五座大型水电站,其中刘家峡水电站是已建成的最大水电站,装机容量116万千瓦,正在建设的龙羊峡水电站装机容量128万千瓦。被视为天险的长江上,正在兴建葛州坝水电站,装机容量为271.5万千瓦,该电站的建设,将为上游三峡水电站的兴建创造条件,并标志着我国水电建设已经达到了一个新水平。近年来,一批规模超百万千瓦的大型坑口火电厂,正在配合煤炭基地的开发加紧建设,许多已有部分建成投产。我国自行设计、自行研制主要设备、装机30万千瓦的浙江秦山核电站,以及与外商合资兴建、引进国外技术、装机180万千瓦的广东大亚湾核电站已动工兴建,还准备在华东、东北等地建设核电站。

我国地大物博,有极其丰富的能源资源。就水力资源来说,据统计全国水能蕴藏量为6.91亿千瓦,可能开发的有3.78亿千瓦,居世界第一位;全国水能蕴藏量在1万千瓦以上的河流共3019条,装机容量在500kW以上的水电站11103座。此外,我国还有丰富的煤、石油、天然气、油页岩等能源资源,所有这些发展电力工业的雄厚的物质基础。但是,由于我国电力工业的底子薄,因此与世界上其他发达国家相比还有很大差距。如水力资源开发利用程度还很低,仅为7%左右,远远落后于工业发达国家水力资源的平均利用程度。今天,是社会主义经济建设飞跃的时代,而经济建设的关键是科学技术,电力技术和电力工业为经济建设服务,为改善人民生活服务,无论过去、现在或是将来都是必须遵循的原则。加快电力工业的建设步伐,特别是加快水力发电建设速度,有重点有步骤地建设核电站,使电力工业发展速度超前于工农业发展速度,是新的历史时期赋予电力工作者的一项光荣而艰巨的任务。

二、小水电发展概况

我国小水电资源蕴藏量极其丰富,可开发的资源有7131万千瓦。分布面广,主要分布在西南、中南、西北、华东、东北和华北等地共1574个县,其中超过1万千瓦的有1124个县,1~3万千瓦的有490个县,3~10万千瓦的有500个县,超过10万千瓦的有134个县。发展小水电是我国农业和能源建设的战略组成部分。

在旧中国电力工业极端落后的情况下,建国初期,单机6000kW以下,总装机1.2万千瓦以下的小水电仅2000kW。党和政府非常重视小水电的发展,1953年设置了小水电专管机构,1956年在四川崇庆、福建永春、山西洪洞等县举办了三期全国性小水电训练班,为各省培训了第一批建设小水电的力量。从此,小水电开始有组织、有计划、有领导地发展起来。1969年福建永春会议以后,在国家一系列正确政策的鼓舞、推动下,随着县镇农村经济的发展和用电的迫切要求,结合兴修水利,发展排灌、加工和地方工业,全国很多地方实行地方办电,群众办电和水利办电,小水电得到蓬勃发展。1977年以来,全国平均每年新增小水电装

机容量50kW以上,1979年新增装机容量突破100万瓩。1983年初国务院决定,要 积极 发展 小水电,在小水电集密地区建设100个中国式农村电气化试点县。从此,我国以小水电 为主体 的地方电力建设进入了一个新时期,小水电将肩负着我国一部分山区县实现电气化 的使命,小水电已成为我国农村电气化的主要能源之一。

到1984年底,全国已建成单站容量在1.2万瓩以下的小水电站7.4万座、906万瓩,主 要 由小水电供电的县有810个。1984年全国小水电发电量为208亿度,年发电设备利用小时数 达到2437小时。地方电网的规模由原来孤立、分散,日益扩大为跨县跨地区,到1983年底,配 套 的配电线路有37万km,变电设备3000多万千伏安。广东、四川、湖南、福建、广西、云南、 浙江、湖北、江西、贵州、新疆、西藏等省(区)的小水电,已成为广大县镇农村用电的主要 能源。广东、四川、湖南、福建四省小水电装机已超过百万瓩。目前,我国不少地方用小 水电带动农村电气化,实现农村电气化,用电气化促进农业现代化,促进山区县城乡经济繁 荣和精神文明建设,取得了显著成绩。在小水电设备制造方面,由建国初期的简易木质水轮 机发展到先进水平的水轮发电机组,产品由少数品种发展到36个系列83个品种,由进口设备 发展到设备出口。全国近百家专业制造厂,每年可生产小型水轮发电机组100余万瓩,基 本 上可以满足我国小水电发展的需要。我国小水电的发展经验,引起了国际上的重视,并为发 展中国家树立了榜样。

但是,我们必须看到:虽然我国小水电资源十分丰富,但目前仅开发百分之十几;我国 农村还有40~50%农民家庭没有电灯,农村供电不能满足农副业、农民家庭用电大幅度增长 的需要;我国小水电管理技术水平还相当落后,需不断改进。因此,摆在小水电工作者面前 的任务将是十分繁重的。

三、小型水电站的特点

小水电通常是小型水电站及其配套的地方小电网的统称。它是一个相对的、历史的、发 展的概念。七十年代以来,小水电一般指单机6000kW、总装机1.2万瓩及以下的小型水 电 站及配套的地方小电网。1980年联合国召开的第二次国际小水电会议,考虑各国资源条件和 发展阶段不同,定了以下三种小水电的容量范围:

装机容量1001~12000kW的水电站为小水电;装机容量101~1000kW的小电站为小小水 电;装机容量100kW及以下的水电站为微型水电。

总结我国和参考国外情况可以知道,小水电的量的规定不单纯是个容量范围、电压等级 的划分问题,它关系到能否促进小水电的发展,过大或过小都不利于小水电的发展和社会生 产力发展的需要。从总的趋势看,小水电容量范围和电压等级将随着地方国民经济的发展而 不断扩大、提高。当前在规划、建设一个县的农村电气化时,可以考虑把小水电单站容量范 围提高到2.5万瓩,甚至更大一点,电压等级可由目前常用的35kV上升到110kV,以适 应 需要。

小水电在电力生产技术上具有与大电共同的特点,也是电力工业的重要组成部分。但 是,小水电在建设和管理上却具有地方性、群众性、自主性、政策性强等特点,其主要表现 为:

1. 发展小水电时,可以充分动员和利用当地的人力、物力和财力,在国家给予一定扶持的情况下,就可建成发挥效益,取得相对投资小、工期短、收效快的效果。

2. 小水电分散布点,就地举办,可以有效利用分散能源,充分发挥我国水力资源丰富的优势。

3. 小水电就地举办,就近联网供电,可以适应农村用电量大、面广、分散的特点,有利于改善电力工业布局,减轻国家电网的压力。

4. 小水电与水利有着密切的关系,不仅在举办上有一个治水办电全面规划、综合治理、以水带电的问题,在经营管理上还有一个以电促水、促农的问题。

5. 小水电的发展有利于促进我国农村政治经济文化中心——小集镇建设和农村两个文明的建设,有利于农村电气化事业的不断发展,有利于向着缩小城乡差别的方向发展。

6. 小水电由地方、群众举办,必须解决好所有制、隶属关系、财务关系和经营自主权问题,以调动地方和群众的社会主义积极性,促进电力生产的发展。

7. 由于多种原因,当前我国小水电尚存在以下一些弱点,即:多系径流发电。机组容量小,电网结构脆弱,通讯调度设施差,县镇农村负荷不均衡,丰枯、峰谷矛盾大,系统稳定性低等等。为了克服上述弱点,提高地方小站小网的供电可靠性,更好地发挥效益,除认真贯彻“自建、自管、自用”和“以电养电”等政策,努力提高调节能力,搞好网络配套,自行联网扩大系统容量,巩固基本负荷,发展季节性和低谷负荷等以外,在靠近大电网的地方,也需要大电网给予并网扶持和支援。

第二节 水电站电气设备概述

发电厂是生产电能的特殊工厂。为了便于今后学习发电厂电气部分的专业知识,下面对发电厂的电气设备及电气主接线等基本知识作简单介绍。

一、主要电气设备

水电站是利用水能发电的发电厂。水电站的主要任务是:生产输送和分配电能。为此工作人员必须根据水库管理和负荷变化等方面要求,启动、调整和停止机组,完成改变运行方式的所有必须的电路切换操作;不间断地监视主要电气设备的工作,迅速地消除工作中发生的错误和事故;周期性地检查和维护主要设备,并定期检修设备,同时保证设备时工作的可靠性和安全。

根据生产上的要求,水电站必须装设如下主要电气设备,它们可分为:

(一) 一次设备

直接与发输配电电路相连接的设备,称为一次设备。

1. 进行能量转换的设备。如:生产电能的发电机,变换电压的变压器,拖动电站辅助机械(如水泵、油泵和空压机等)运转的电动机等,这是最重要的设备。

2. 接通和断开电路的开关电器。如：可以在任何情况下接通和断开电路的高压断路器和低压自动空气开关，仅用来在正常工作情况下接通和断开电路的低压闸刀开关、接触器、磁力起动器等，不要求接通和断开电流而只用来在检修时隔离电源电压的高压隔离开关。开关电器也是重要的电气设备，它必须满足可靠性高、能承受巨大的瞬时电流和动作迅速等要求。

3. 限制电流和防止过电压的设备。如：用来断开过负荷电流和短路电流的熔断器，限制短路电流的电抗器，补偿小接地短路电流系统单相接地电容电流的消弧线圈，限制过电压的避雷器。

4. 交换电路电气量，馈电给继电保护、监测装置并使之与高压隔离的设备。如：电压互感器和电流互感器。

5. 用来连接各种一次设备的载流导体和绝缘设备，如：母线、电力电缆、绝缘子等。

(二) 二次设备

对一次设备和水电站的水力机械设备、水工设施及其他机械设备的各项工作进行监测和控制、保护的辅助设备，称为二次设备。有：

1. 用来反应不正常工作状态，作用于信号通知工作人员；或反应故障状态，作用于开关电器迅速切除故障电路的设备。如各种继电器和信号装置。

2. 用来对电路电气参数进行监视测量的设备。如各种测量仪表和录波装置。

3. 用来控制电器的设备以及自动装置等。如控制开关、同期装置及自动调整励磁装置等。

4. 用来连接二次设备的导体。如控制电缆、小母线、连接线等。

(三) 直流设备

供电电站内的继电保护装置、自动装置、信号装置、断路器控制回路及事故照明用的直流电源设备，称为直流设备。如整流装置，蓄电池组及其充电装置。

二、电路图的分类及举例

将发电厂中的一次设备，根据其工作要求和作用，按一定顺序用载流导体连接成的电路，称为一次电路或电气主接线。一次电路中各类一次设备按国家规定的图形符号表示的图，称为一次电路图或电气主接线图。二次设备连接成的电路称为二次电路或二次接线，而二次设备按国家规定的图形符号表示的图称为二次接线图。

图1-1所示为一座有四台发电机，两台主变压器，一级送电电压的水电站电气主接线图。在水电站中，发电机电压配电装置、厂用变压器、低压厂用电装置，大都安装在副厂房中，有的则装在主厂房内发电机附近。升压变压器、高压配电装置则通常为露天设置，称其为户外配电装置。根据电气主接线要求设置的二次系统设备，通常安装在专门的主控制室内。

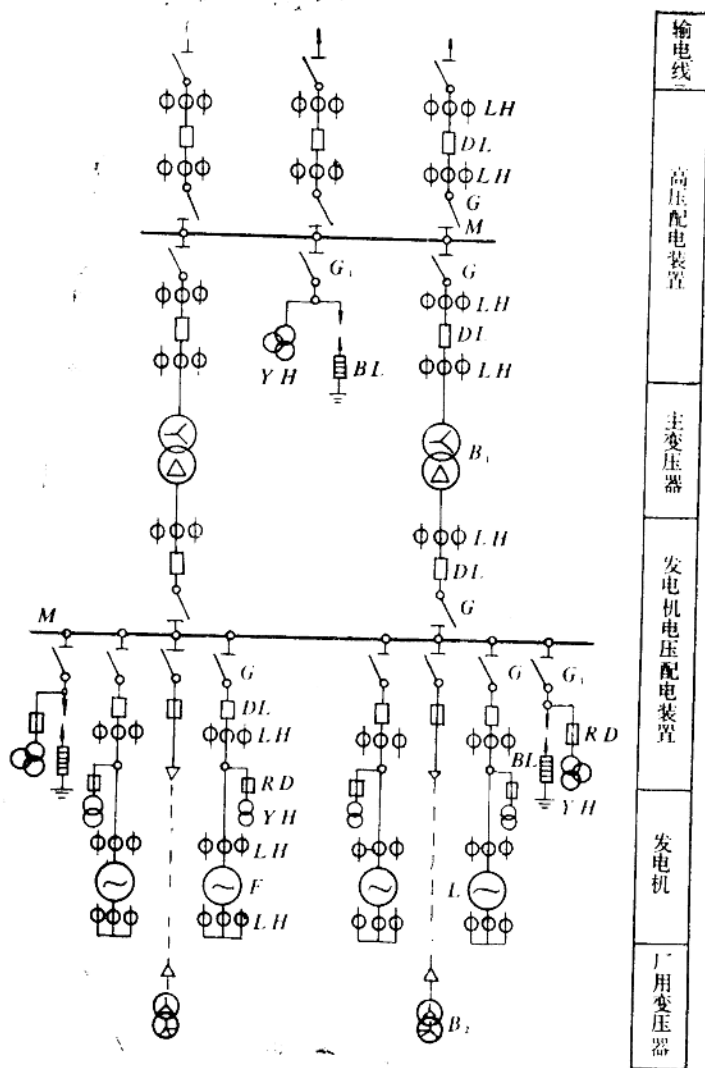


图1-1 水电站电气主接线(举例)

三、电气设备的额定参数

(一) 额定电压

为了便于电机电器制造业的生产标准化和系列化，国家规定了交流电气设备标准电压系列，如表 1-1。在设计时，应选择最合适的额定电压等级。所谓额定电压，就是用电设备、发电机和变压器在长期正常工作时具有最大经济效益的电压。

表1-1 我国交流额定电压等级(线电压、单位: kV)

用电设备额定电压及 电力系统额定电压等级	发电机额定电压	变 压 器 额 定 电 压	
		一 次 绕 组	二 次 绕 组
0.22	0.23	0.22	0.23
0.38	0.40	0.38	0.40
(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
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
110	—	110	121
220	—	220	242
330	—	330	363
500	—	—	—
750	—	—	—

我国用电设备额定电压与电力系统(电力网)的额定电压等级是相等的,但同一电压等级的用电设备与发、变电设备的额定电压并不一致。下面以图1-2 为例说明各种电力设备额定电压与电力网额定电压等级之间的关系。

1. 用电设备额定电压

电力网中的电压分布如图1-2 所示。由于用电设备的生产必须标准化,不可能接受电点的不同电压来制造,况且受电点的电压也是随负荷变化的,因此用电设备的额定电压只能力

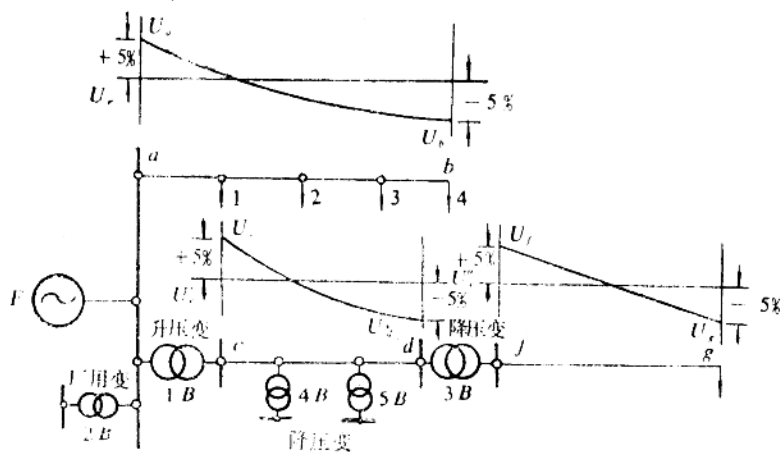


图1-2 电力网的电压分布

求接近于实际工作电压。一般规定,用电设备的工作电压允许在额定电压的 $\pm 5\%$ 范围内变动,而沿线的电压一般允许为 10% 。显然,用电设备额定电压取为线路始末端电压的算术平均值,即 $U_e = (U_s + U_b)/2$,就能满足要求。

电力网沿线各点电压是不同的,习惯上就定义 U_e 为电力网额定电压等级。

2. 发电机额定电压

发电机往往接在线路的始端,因此,发电机额定电压应为 $1.05U_e$ 。这样才能保证用电设备的工作要求。发电机额定电压应符合国家标准,但如在技术经济上有特殊优点时,水轮发电机的额定电压允许采用非标准电压级。

3. 变压器额定电压

变压器接电源的绕组为一次绕组,对用户供电的绕组为二次绕组。国产变压器二次绕组额定电压系指一次绕组加额定电压而处于空载时的值。当满载时,二次绕组的端电压将比额定值低 5% 左右。就变压器的工作原理而言,升压的与降压的相同,但在实际应用时,从满足用户电压要求来看,两者有区别,一般互不代用。

(1) 升压变压器 一次绕组通常与发电机出线端直接相连(图1-2中1B),其额定电压应与发电机额定电压相等。二次绕组额定电压的选取必须考虑变压器满载时内部的压降,以及其接在线路的始端。当变压器的阻抗电压在 7.5% 及以上时,二次绕组额定电压为 $1.1U_e$;当变压器的阻抗电压在 7.5% 以下或线路短、压降小时,则为 $1.05U_e$ 即可。 U_e 为二次绕组所在侧电力网额定电压等级。

(2) 降压变压器 一次绕组可能接于线路的始末端或沿线上(图1-2中2~5B),其额定电压的选取应考虑连接点的实际工作电压。对于与发电机出线端直接相连的水电站厂用变压器(2B),应为 $1.05U_e$;对于其他情况(3~5B),一次绕组可以当作用电设备看待,即额定电压为 U_e , U_e 为一次绕组所在侧电力网额定电压等级。二次绕组额定电压的选取方法同升压变压器。需要指出的是,3~5B一次绕组输入端实际电压可能不等于额定值,为使二次绕组输出电压接近额定值,可适当地调整一次绕组的分接头来实现。

由图1-2可见,变压器1B和3~5B虽然最高额定电压绕组都接在同一电力网上,均属于同一电压等级的变压器,但其额定电压值都不同,这一点应引起注意。

小型水电站的动力和照明往往共用380/220V电压级的中性点接地的三相四线制系统,因此正常工作照明灯具的额定电压为220V。对于安全条件要求较高的场所,可以采用12、36V。

水电站中用于事故照明、断路器的控制等所需的直流系统额定电压有110、220、48V。

(二) 额定电流

1. 介质的额定计算温度

我国幅员辽阔,电气设备使用环境周围介质的实际最高温度不同,为了便于电机电器制造厂规定电气设备的额定电流,特规定了各种电气设备周围介质的额定计算温度,并规定了与绝缘、使用年限等有关的长期允许发热温度。

我国所采用的周围介质额定计算温度如下:

(1) 电力变压器和电器(如断路器、隔离开关、互感器等的周围空气温度)为 40°C ;

- (2) 发电机(利用空气冷却时,进入机内的空气温度)为 $35\sim 40^{\circ}\text{C}$;
- (3) 裸导体、绝缘线、母线和电力电缆(放在空气中)为 25°C ;
- (4) 埋在地下的电力电缆(泥土温度)为 15°C 。

2. 额定电流及容量

发电机、变压器、电动机及其他用电设备的额定电流,系指周围介质为额定计算温度时,其绝缘和载流部分长期发热温度不超过允许值,所允许长期通过的最大电流值。当周围介质温度不同于额定计算温度时,显然其允许长期通过的最大电流值不等于额定电流。

额定容量的规定条件与额定电流相同。变压器的额定容量系指视在功率。发电机的额定容量亦相同,但常用有功功率表示,这是由于它的原动机是用有功功率表示的,此外还应表示出它的额定功率因数。同样,电动机的额定容量也多有有功功率表示,这是因为它所拖动的工作机械多用有功功率表示之故。

第三节 电力系统概述

一、发电厂的类型

根据发电厂原动机的类别,发电厂可分为火力发电厂(火电厂)、水力发电厂(水电站)、潮汐发电厂、风力发电厂和核能发电厂(核电站)等。目前,电力系统主要是火力发电厂和水力发电厂,但从二十世纪六十年代以来,核能发电厂的建设逐年增加,已在一些国家占有相当比重。我国在不断建设大中型水、火电厂的同时,也因地制宜地重视多种能源的开发和利用,如小水电、潮汐发电、风力发电、地热发电、沼气发电等,以解决大电网达不到的地区、边远农牧渔区、少数民族地区和能源缺乏地区的用电问题。核电事业在我国已经起步,今后将会为一个较快的发展速度。

火电厂是利用煤、石油、天然气、油页岩等燃料的热量,在锅炉中将水变成高温高压蒸汽,推动汽轮机,带动发电机发电的电厂。火电厂又分为专供发电的凝汽式发电厂和兼供热的热电厂。凝汽式发电厂可以在日负荷曲线的任何位置工作,但最好负担基荷或腰荷,效率仅达 $30\sim 40\%$,一般宜建在燃料产地。热电厂最经济的运行方式是按照热负荷曲线工作,效率可达 $60\sim 70\%$,通常建造在热用户附近。

水电站是利用河流的水能,推动水轮机,带动发电机发电的电厂。水电站的容量与水头、流量和水库容积大小等有关。按集中落差的方式,水电站可分为坝式水电站、引水式水电站和混合式水电站。坝式水电站(包括坝后式和河床式)系在河道中建大坝,拦断河流,利用上下游的落差来发电。坝后式电站有库容,可按库容大小进行日、周、年或多年调节,以计划使用水能,承担日负荷曲线上的基本负荷,或担任自动调频和调节尖峰负荷的任务。引水式水电站系在有高落差的急流河段,通过引水道使水进入水轮机来发电,它无库容,属径流式电站,承担日负荷曲线上的基本负荷。混合式电站的落差一部分由坝集中,一部分由引水道集中,其水工建筑物包括具有一定高度的取水坝,引水道等部分。按运行方式水电站分为有调节水电站、无调节水电站(径流式水电站)和抽水蓄能水电站。抽水蓄能水电站系利用深