

电气设备 选型、安装与检修

DIANQI SHEBEI
XUANXING ANZHUANG YU JIANXIU

主 编 刘建英 李竞达

电气设备选型、安装与检修

主 编 刘建英 李竞达
副主编 王 飞 赛恒吉雅 范哲超
主 审 张 鹏 李振甲

内 容 简 介

本书围绕电气设备选型、安装与检修三部分工作设计完成。全书共分四个项目。项目一介绍高压断路器的原理、结构、参数分析,高压断路器的运行及检修;项目二介绍高压隔离开关的类型、结构,高压隔离开关的运行、操作及检修;项目三介绍变压器的结构、原理,变压器的检修及事故处理;项目四介绍避雷设备类型及母线的选择、用途及类型。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化专业、电力系统及其自动化方向及相关专业教材,同时也可供电气与自动化工程技术人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电气设备选型、安装与检修/刘建英,李竞达主编. —北京:北京理工大学出版社,2014.5

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8922 - 1

I. ①电… II. ①刘… ②李… III. ①电气设备 - 选型 ②电气设备 - 设备安装 ③电气设备 - 检修 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 038401 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中华美凯印刷有限公司

开 本/710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张/10

字 数/169 千字

版 次/2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

定 价/32.00 元

责任编辑/陈 竑

文案编辑/胡卫民

责任校对/周瑞红

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

PREFACE

电力是我国的能源支柱产业。国家能源局发布的数据显示,2013年,全国全社会用电量累达5 3223 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$, 同比增长7.5%。随着电力工业的发展,发电厂和变电站对电力的生产和分配起到了举足轻重的作用,学习和了解发电厂、变电站的结构和运行对电力资源的可持续发展打下了基础。

通过对本课程的学习,学生可具备电气设备的选择和电气设备安装、电气设备检修的基础知识;学生能够借助设备维修相关书籍、设备说明书、维修资料做简单电路的制作和检修,学生能够对一些复杂电气设备进行故障分析及处理。

本书围绕电气设备选型、安装与检修各项工作进行阐述,全书共分四部分,主要内容包括:项目一高压断路器的认识与检修;项目二高压隔离开关的认识与检修;项目三变压器的认识及检修;项目四避雷器及母线的认识。

本书由刘建英、李竞达担任主编,由中航国际控股股份有限公司王飞和赛恒吉雅、范哲超担任副主编。其中,项目一由王飞编写,项目二由李竞达编写,项目三由刘建英编写,项目四及绪论由赛恒吉雅和范哲超编写,全书由刘建英、李竞达统稿。本书由内蒙古电力科学研究院张鹏高级工程师和李振甲老师主审,他们提出了宝贵意见,编者在此对他们表示衷心感谢。

由于作者水平有限,恳请读者对书中的疏漏与不足之处提出批评指正。

编 者
2014年3月

目 录

CONTENTS

绪 论	1
-----------	---

项目一 高压断路器的认识与检修	12
-----------------------	----

任务一 高压断路器认识及参数分析	13
------------------------	----

1.1.1 基础知识	13
------------------	----

1.1.2 高压断路器的用途及基本要求	15
---------------------------	----

1.1.3 高压断路器的安装	27
----------------------	----

任务二 高压断路器运行及检修	36
----------------------	----

1.2.1 检修分类及检修周期	36
-----------------------	----

1.2.2 检修准备工作及基本要求	36
-------------------------	----

1.2.3 SF ₆ 断路器检修	37
-----------------------------------	----

1.2.4 SF ₆ 气体管理	42
----------------------------------	----

1.2.5 真空断路器检修	46
---------------------	----

1.2.6 SF ₆ 断路器常见的故障及处理	49
---	----

1.2.7 真空断路器的常见故障及处理	53
---------------------------	----

复习思考题	59
-------------	----

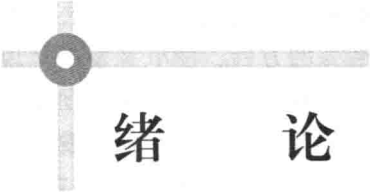
项目二 高压隔离开关的认识与检修	60
------------------------	----

任务一 高压隔离开关的类型及结构	60
------------------------	----

2.1.1 隔离开关的作用及分类	60
------------------------	----

2.1.2 对隔离开关的基本要求及操作	63
---------------------------	----

复习思考题	64
任务二 高压隔离开关的运行、操作及检修	64
2.2.1 检修分类及周期	64
2.2.2 检修准备工件及基本要求	64
2.2.3 检修内容及质量要求	66
2.2.4 隔离开关介绍	68
2.2.5 隔离开关的检修	72
2.2.6 隔离开关常见故障分析	76
复习思考题	79
 项目三 变压器的认识及检修	80
任务一 变压器的结构和工作原理	81
3.1.1 变压器的基本原理、结构及安装	81
3.1.2 互感器的结构及工作原理	93
复习思考题	110
任务二 变压器的检修及典型事故处理	110
3.2.1 变压器小修及大修	110
3.2.2 变压器大修内容及质量标准	114
3.2.3 变压器本体大修关键过程控制	124
3.2.4 变压器大修试验项目及及要求	127
复习思考题	129
 项目四 避雷器及母线的认识	130
任务一 防雷设备类型	130
4.1.1 避雷针与避雷线	130
4.1.2 避雷器	132
复习思考题	138
任务二 母线的选择、用途及类型	138
4.2.1 敞露母线及电缆的选择	138
4.2.2 母线的用途及类型	145
复习思考题	151
 参考文献	152



绪 论

1. 电力工业发展概况及前景

电力工业是国民经济的一项基础工业和国民经济发展的先行产业，它是一种将煤、石油、天然气、水能、核能、风能等一次能源转换成电能二次能源的工业，它为国民经济的其他各部门的快速、稳定发展提供足够的动力，其发展水平是反映国家经济发达程度的重要标志。

中国电力工业从 1882 年有电以来，至今已经走过 100 多年的发展历程。中华人民共和国成立以前的 67 年间，民不聊生，百废待兴，电力工业的发展步履蹒跚，发展缓慢。从 1882 年在上海建立第一个火电厂，1912 年在昆明滇池石龙坝建立第一座水电站开始，至 1949 年中华人民共和国成立，多年来全国总装机容量仅增至 185kW，年发电量 43 亿 kW·h，居世界第 25 位；110kV 电压等级的电力系统仅东北有两个，总容量不超过 72kW。发电厂大部分集中在东北和沿海城市，设备陈旧，类型庞杂，规格极不统一，效率低，安全可靠性很差。

中华人民共和国成立以后，经济蒸蒸日上，电力工业大步前进，快速发展。到 1978 年，在不到 30 年的时间里，全国发电装机容量达到 5 712 万 kW，年发电量达到 2 566 亿 kW·h，分别比 1949 年增长了 29.9 倍和 58.7 倍，装机容量和发电量分别跃居世界第 8 位和第 7 位。电网也初具规模，建成了 330kV 和 220kV 输电线路 535km 和 22 672km。改革开放之后电力工业加快了发展的步伐，1987 年，全国发电装机容量实现了历史性的突破，达到了 1 亿 kW。此后，电力工业连续每年新投产发电机组都超过 1 000 万 kW，从 1987 年后仅用 7 年的时间（至 1994 年），全国发电装机容量翻了一番，跨上了 2 亿 kW 的台阶，1995 年后又仅用 5 年的时间（至 2000 年），全国发电装机容量又跨上了 3 亿 kW 的台阶。这期间，我国发电装机容量和发电量先后跃过法国、英国、加拿大、德国、俄罗斯和日本等发达国家和经济大国，于 1996 年年底跃居世界第二位，仅次于美国。截至 2001 年，全国发电装机容量和发电量分别达到 3.386 1 亿 kW 和 14 839 亿 kW·h（不含中国台湾和港澳地区），成为一个世界电力大国。

1988—2001 年，我国电力工业得到了飞速的发展，大区联网和西电东送联网建设不断加强，相应的城乡电网也得到了改造和加强，到 2001 年年底，我国 220kV 及以上线路达到 17.66 万 km，变电容量达到 4.73 亿 kV·A。针

对我国能源结构的实际情况,我国的电源发展实施了“优先开发水电,大力发展火电,适当发展核电,积极发展新能源发电”的方针,使电源发展呈现多种能源互补的格局。到2001年年底,全国水电装机容量达到8301万kW,火电容量达到25314万kW,核电容量达到210万kW,风力和新能源发电容量达到37万kW。在水电方面,我国取得了骄人的成绩,有许多世界之最,1994年12月开工建设的长江三峡工程是世界上最大的电站,总装机容量为18200MW,是目前世界上最大的巴西伊泰普水电站的1.4倍;已建成的装机容量为240万kW的广州抽水蓄能电站是世界最大的抽水蓄能电站;西藏的羊卓雍湖水电站是世界上海拔最高的电站。

目前,我国电力工业已开始进入“大机组”、“大电网”、“超高压”、“高自动化”的发展新阶段,科技水平不断提高,调度自动化、光纤通信、计算机控制等高新技术,已在电力系统中得到了广泛应用。现在,我国已经掌握了先进的30万kW、50万kW和超临界60万kW的火电机组、100万kW级核机组和500kV交直流输变电工程的设计、施工、调试和运行技术,掌握了180m级各类大坝的筑坝技术及大型电站的设计、施工技术;各大电网的计算机监控调度系统进入实用化阶段,电网运行和调度实现了自动化和现代化。展望21世纪的中国电力,我们坚信:中国电力工业必将展现更加美好的前景,中国一定能够成为世界电力强国。

2. 内蒙古电网基本情况

目前,内蒙古电网运行35kV及以上变电站484座,其中500kV变电站18座,220kV变电站107座,110kV变电站246座(见图0-1)。各市负荷中心

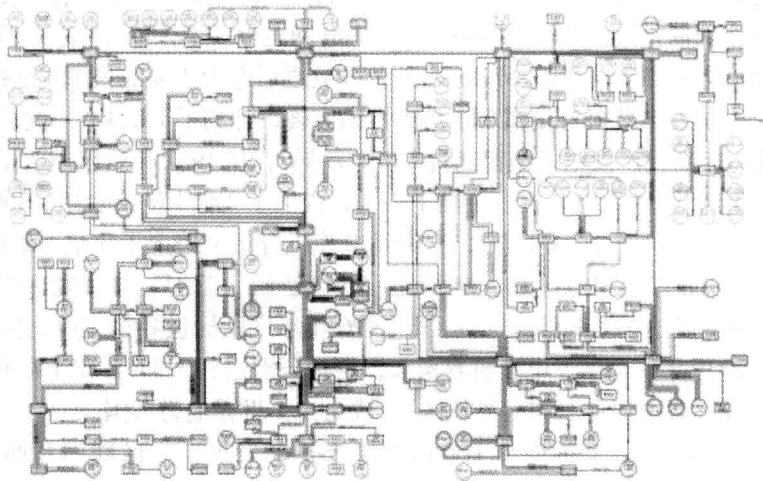


图0-1 内蒙古电网的基本情况(简图)

形成 220kV 环网结构, 电网功能趋于完善, 网架结构日益优化, 向通道汇集电源和接带负荷的能力显著增强。内蒙古电网统调装机容量为 4 234 万 kW, 其中风电装机容量达到 967 万 kW, 风电装机规模、发电量和所占比重均居全国各省电网公司首位, 跻身全国特大型省级电网行列。

3. 电力系统的基本概念

1) 电力系统

为了提高供电的可靠性和经济性, 目前广泛地将分散于各地区的众多发电厂用电力网连接起来并联工作, 以期实现大容量、远距离的输送, 将电能输送到远方的电力负荷中心。这些由发电厂、升压变电所、输电线路、降压变电所及电力用户所组成的统一整体, 称为电力系统。电力系统加上带动发电机转动的动力装置构成的整体称为动力系统。其中, 由各类升压变电所、输电线路、降压变电所组成的电能传输和分配的网络称为电力网。

2) 发电厂

发电厂是电力系统的中心环节, 它是把其他形式的一次能源转变成二次能源的一种特殊工厂。按其所用能源划分主要有火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电站、潮汐发电站等, 此外还有地热发电、太阳能发电、垃圾发电和沼气发电等。按发电厂的规模和供电范围又可分为区域性发电厂、地方发电厂和自备专用发电厂等。

(1) 火力发电厂。

火力发电厂是利用煤、石油、天然气或油页岩等燃料的化学能生产电能的工厂。火力发电厂中的原动机可以是凝汽式汽轮机、燃气轮机或内燃机, 我国大部分火力发电厂采用凝汽式汽轮发电机组, 称为凝汽式火力发电厂。凝汽式火力发电厂具体过程如下: 首先通过燃烧将燃料的化学能转变为热能, 加热锅炉中的水使之变成高温高压蒸汽, 过热蒸汽经主蒸汽管进入汽轮机, 推动汽轮机的转子旋转, 将热能转换为机械能, 汽轮机带动联轴的发电机旋转发电, 将机械能转换为电能。在汽轮机内做完功的蒸汽经凝汽器放出汽化热而凝结成水后, 再送回锅炉, 如此重复, 循环使用。

由于凝汽式发电厂运行时需要将做过功的蒸汽经凝汽器凝结成水, 这样大量的热量被循环水带走, 所以热效率较低, 只有 30% ~ 40%, 宜建在燃料产地。

为了减少循环水带走的热量以提高火力发电厂的热效率, 可将部分做过功的蒸汽从汽轮机中段抽出, 直接供给热用户, 这种既发电又供热的火力发电厂被称为热电厂, 其效率可达到 60% ~ 70%, 一般建在大城市及工业区附近 (见图 0-2)。

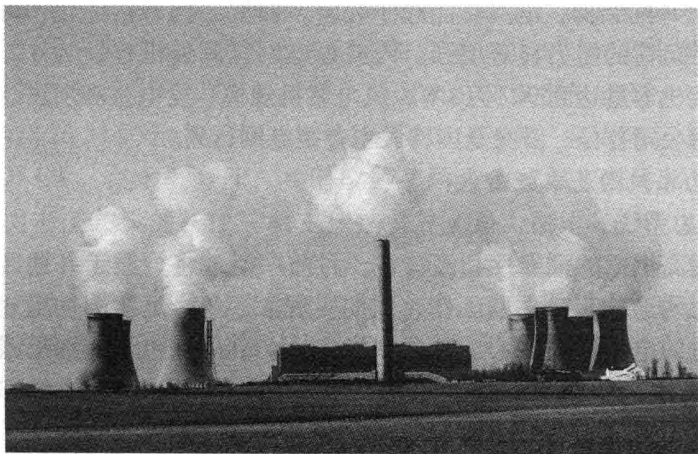


图 0-2 火力发电厂

(2) 水力发电厂。

水力发电厂（通常称为水电站）是利用江河水流的水能生产电能的工厂（见图 0-3）。它的基本生产过程为：从河流较高处或水库内引水，利用水的压力或流速冲动水轮机旋转，将水能转变为机械能，然后水轮机带动发电机旋转，将机械能转变为电能。水电站的装机容量与水头、流量及水库容积有关。按集中落差的方式，水电站一般分为堤坝式、引水式和混合式三种；按主厂房的位置和结构又可分为坝后式、坝内式、河床式、地下式等数种；按运行方式则分为有调节水电站、无调节（径流式）水电站和抽水蓄能电站。抽水蓄能电站是一种特殊形式的水力发电厂，由高落差的上下水库和水轮机一



图 0-3 水力发电厂

发电机—抽水机的可逆机组构成,可实现对电能的调节,利用夜间用电低谷时或丰水期的剩余电力,将下水库的水抽回到上水库内储存能量,此时机组按电动机—水泵的方式工作,待峰荷或枯水时,上水库放水释放能量发电,此时机组按水轮机—发电机的方式工作。抽水蓄能电站可以作为调频、调相和系统的备用容量,一般可与发电出力稳定的核电厂配合使用。

(3) 核电厂。

核电厂是利用核能发电的工厂,其发电过程与火力发电过程相似,不同的是以核反应堆和蒸汽发生器代替了锅炉设备(见图0-4)。在核反应堆中,铀在慢中子的撞击下产生链式反应,使原子核分裂,放出巨大的能量,核能转变为热能后将水变为高温高压蒸汽,进入蒸汽发生器内推动汽轮发电机组发电。核电厂能取得较大的经济效益,所需原料极少,如一个百万千瓦电厂,火力发电厂一年约需300万t燃料,而核电厂仅需30t燃料。目前世界上已投入运行的有200多座,预计今后核电站将成为主要电源之一。



图0-4 核电厂

除以上三种主要能源的利用外,其他各种形式的一次能源也都逐步得到了利用,如风力发电、地热发电、潮汐发电、太阳能发电、沼气发电等,生物发电、海水的波浪发电,特别是卫星电站正在开发之中。

3) 变电站

变电站是汇集电源、升降电压和分配电力的场所,是联系发电厂和用户的中间环节。变电站有升压和降压之分。升压变电站通常是发电厂升压站部分,紧靠发电厂;降压变电所通常远离发电厂而靠近负荷中心。根据变电站在电力系统中的地位 and 作用,可分为以下几种。



(1) 枢纽变电站。

枢纽变电站位于电力系统的枢纽点,电压等级一般为 330kV 及以上,联系多个电源,出线回路多,变电容量大。全站停电后将造成大面积停电或系统瓦解,枢纽变电站对电力系统运行的稳定性和可靠性起着重要作用。

(2) 中间变电站。

中间变电站位于系统主干环线或系统主要干线的接口处,电压等级一般为 220 ~ 330kV,汇集 2 ~ 3 个电源和若干线路,高压侧以穿越功率为主,同时降压向地区用户供电。全站停电后将引起区域电网的解裂。

(3) 地区变电站。

地区变电站是一个地区和一个中小城市的主要变电站,电压等级一般为 110 ~ 220kV,全站停电后将造成该地区或城市供电的紊乱。

(4) 企业变电站。

企业变电站是大中型企业的专用变电站,电压等级一般为 35 ~ 220kV,带有 1 ~ 2 回进线。

(5) 终端变电站。

终端变电站位于配电线路的终端接近处,高压侧 10 ~ 110kV 引入线,经降压后向用户供电。

4) 电力网

电力网是由变电站和不同电压等级的输电线路所组成,其作用是输送、控制和分配电能。按供电范围、输送功率和电压等级分为地方电力网和区域电力网。地方电力网一般电压等级为 110kV 及以下。区域电力网则为 110kV 以上,供电范围广,输送功率大。10kV 及以下的电力网一般被称为配电网。电力网按结构特征又分开式和闭式电力网两种。凡用户只能从单方向得到供电的称为开式电力网;凡用户可从两个或两个以上方向得到供电的称为闭式电力网。按电压等级电力网分为低压(1kV 及以下)、高压(1 ~ 330kV)、超高压(330 ~ 1 000kV)和特高压(1 000kV 以上)几种。

5) 电力系统的优越性

把分散于各地区的发电厂通过电力网与分散在各负荷中心的用户连接起来形成电力系统后,使发电、供电和用电成为一个整体,在技术和经济上具有一系列的优点。

(1) 提高了电力网运行的可靠性。

系统中一个发电厂发生故障时,其他发电厂照样可以向用户供电;一条输电线路发生故障时,用户还可以从系统中的不同部分取得电源。因而具有合理结构的电力系统的可靠性大为增高。

(2) 提高了供电的稳定性。

电力系统容量较大,个别大负荷的变动即使有较大的冲击,也不会造成电压和频率的明显变化。小容量电力系统或孤立运行的电站则不同,较大的冲击负荷很容易引起电网电压和频率的较大波动,影响电能的质量。严重的甚至将系统冲垮,即系统或机组间解裂,造成整体供电中断。

(3) 提高了发电的经济性。

连成和扩大电力系统可合理利用资源,提高经济效益。如果没有电力系统,很多能源会变得难以充分利用,例如,在电力系统中可实现水电和火电之间的相互调剂:丰水期可多发水电,少发火电,节约燃料;枯水期则少发水电,多发火电以补充水电。其他如具有不同调节性能和特性的水电站之间,以及风力、潮汐、太阳能和核电站等,只有与较大的系统相接,才能相互配合,实现经济调度,达到合理利用资源和提高经济效益的目的。

连成和扩大电力系统可提高发电的平均效率和其他经济指标。只有在大的电力系统内才能采用大容量的机组,从而获得较高的发电效率,较低的相对投资和较低的运行维护费用。此外,在电力系统内,在各发电厂之间可以合理地分配负荷,可以让效率高的机组多发电,在提高平均发电效率上实现经济调度。

连成和扩大电力系统可减小总装机容量。电力系统中的综合最大负荷常小于各发电厂单独供电时各片最大负荷的总和。这是因为不同地区间负荷性质的差别、负荷的东西时差和南北季差等,有利于错开各地区的高峰负荷,导致减小系统中的综合最大负荷,从而减小了总工作容量。每座孤立运行电站至少要有一台备用机组,以备工作机组检修或故障时投入运行,保障继续供电。在电力系统中,各发电厂的机组之间可以相互备用,还可以错开检修时间,因此系统的备用容量只需系统总容量的10%~15%,远小于各发电厂孤立运行时单站的备用容量之和。系统总装机容量(等于工作容量加备用容量)的减小,降低了电站的综合投资和电能生产费用。

6) 电力系统运行的特点

电能的生产、输送和使用本身所固有的特点,以及连接成电力系统后出现的新问题,决定了电力系统的运行与其他工业生产过程相比具有许多不同的特点。

(1) 电能难以储存,电能的生产、分配、输送、再分配直至使用必须在同一时刻完成,即在任一时刻,在系统中必须保持电能的生产、输送和使用处于一种动态的平衡状态。如果在系统运行中发生了供电与用电的不平衡,系统运行的稳定性就会遭到破坏,甚至发生事故,给电力系统及国民经济造

成严重损失。

(2) 正常输电过程和故障过程都非常迅速。由于电能是以电磁波的形式传播,其传播速度为光速 ($300\,000\text{km/s}$),因此不论是正常输电过程还是发生故障过程都非常迅速,这就要求有一系列能对系统进行灵敏而迅速的监测、控制和保护的装置,将操作或故障引起的系统变化限制在尽可能小的范围之内。

(3) 电力系统的地区性特点较强,组成情况不尽相同,因此在系统规划设计与运行管理时应从实际出发,针对各个系统的特点来分别进行。

(4) 电能生产与国民经济、人民生活的关系密切,电能供应的中断或不足,不仅将直接影响生产,造成人民生活秩序的紊乱,在某些情况下,甚至会酿成极其严重的社会性灾难。

7) 电力系统运行的基本要求

(1) 保证供电的安全可靠性。

保证供电的安全可靠性是对电力系统运行的基本要求。所谓电力系统的安全可靠性,是指确保用户能够随时用电。这就要求从发电到输电以及配电,每个环节都必须保证安全可靠,不发生故障,以保证连续不断地为用户提供电能。为此,要保证电力系统中各元件的质量,及时搞好设备的正常维护及定期的检修与试验,加强和完善各项安全技术措施,提高电力系统的运行和管理水平,杜绝可能发生的直接或间接的人员责任事故。

目前,要绝对防止事故的发生是不可能的,而各用户对供电可靠性的要求也不一样。通常按重要性将用户分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三类加以区别对待,以保证其相应的供电可靠性。

① Ⅰ类用户。对这类负荷停止供电会带来人身危险,设备损坏,产生大量废品,长期破坏生产秩序,给国民经济带来巨大的损失或造成重大的政治影响。

对Ⅰ类用户通常应设置两路以上相互独立的电源供电,其中每一路电源的容量均应保证在此电源单独供电的情况下就能满足用户的用电要求,确保当任何一路电源发生故障或检修时,都不会中断对用户的供电,即Ⅰ类用户要求有很高的供电可靠性。

② Ⅱ类用户。对这类负荷停止供电会造成大量减产、城市公用事业和人民生活受到影响等。

对Ⅱ类用户应设置专用供电线路,条件许可时也可采用双回路供电,并在电力供应出现不足时优先保证其电力供应。

③ Ⅲ类用户。一般是指短时停电不会造成严重后果的用户,如工厂附属

车间、小城镇、小加工厂等。

当系统发生事故,出现供电不足的情况时,应首先切除Ⅲ类用户的用电负荷,以保证Ⅰ、Ⅱ类用户的用电。

(2) 保证电能的良好质量。

衡量电能质量的指标是频率、电压和波形。当系统的频率、电压和波形不符合电气设备的额定值要求时,往往会影响设备的正常工作,造成振动、损耗增加,使设备的绝缘加速老化甚至损坏,危及设备和人身安全,影响用户的产品质量等。因此要求系统所提供电能的频率、电压和波形必须符合其额定值的规定。

我国规定电力系统的额定频率为 50Hz,大容量系统允许频率偏差为 $\pm 0.2\text{Hz}$,中小容量系统允许频率偏差为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。电压的允许变化范围如表 0-1 所示。电力系统的频率主要取决于有功功率的平衡,电压主要取决于无功功率的平衡,可通过调频、调压和无功补偿等措施来保证频率和电压的稳定。

表 0-1 电压的允许变化范围

线路额定电压	正常运行电压允许变化范围
35kV 及以上	$\pm 5\% U_e$
10kV 及以下	$\pm 7\% U_e$
低压照明及农业用电	$(-10\% \sim 5\%) U_e$

通常,要求电力系统的供电电压(或电流)的波形为严格的正弦形,发电机和变压器的设计制造部门已考虑了这一要求,但在电能输送和分配过程中也要不使波形发生畸变,那么应注意避免或消除电力系统中可能出现的其他谐波源(如整流装置及输电线路的电晕等)。

(3) 保证足够的发电功率和发电量。

根据电力对国民经济的强烈制约作用,电力必须先行,最大限度地满足用户的用电需要,为国民经济的各个部门提供充足的电力。因此,电力系统要提前搞好规划设计,不断增加投入,同时也要充分挖掘设备潜力,最大限度地向用户提供需要的电力。

(4) 保证电力系统运行的稳定性。

电力系统在运行过程中不可避免地会发生短路事故,如果电力系统的稳定性较差,则局部事故的干扰有可能导致整个系统的全面瓦解,而且需要长时间才能恢复,严重时会造成大面积、长时间停电。因此,必须保证电力系

统运行的稳定性,做到合理配置系统参数,自动装置灵敏可靠,合理调度,快速果断地处理事故。

(5) 保证电力系统运行的经济性。

要使电能在生产、输送和分配过程中效率高、损耗小、成本低,必须降低一次能源消耗率、厂用电率和线损率,使这三个指标达到最小。电能成本的降低不仅节省了能源,还将有助于用户生产成本的降低,因而给整个国民经济带来效益。要实现经济运行,除进行合理规划设计之外,还须对整个系统实施最佳经济调度。

综上所述,保证对用户不间断地供给充足、优质而又经济的电力是电力系统的基本任务。

4. 电气设备的概述

主要电气设备

根据发电厂和变电站电能的生产、变压、输送、分配和使用的安全、优质、可靠以及经济运行的要求,主要有下列电气设备:

(1) 一次设备。

直接参与生产、输送和分配电能的电气设备称为一次设备,它通常包括以下五类。

① 能量转换设备。发电机、变压器、电动机等属此类。其中发电机和主变压器是电站的“心脏”,简称主机主变。

② 开关设备。这类电器用于电路的接通和开断。当电路中通过电流,尤其通过很大的短路电流时,要开断电路很不容易,需要具备足够的灭弧能力。按其作用及结构特点,开关电器又分为以下几种。

- 断路器——不仅能接通和开断正常的负荷电流,也能关合和开断短路电流。它是作用最重要、构造最复杂、功能最完善的开关电器。

- 熔断器——不能接通和开断负荷电流,它被设置在电路中专用于开断故障短路电流,切除故障回路。

- 负荷开关——允许带负荷接通和开断电路,但其灭弧能力有限,不足以开断短路电流。将负荷开关和熔断器串联在电路中便相当于断路器的功能。

- 隔离开关——主要用于设备或电路检修时隔离电源,造成一个可见的、足够的空气间距。

断路器和熔断器都能在其电路故障时开断一定的短路电流以切除故障电路,故称为保护电器。

断路器和负荷开关能接通和开断一定的负荷电流,故称为操作电器。

隔离开关因没有灭弧能力,不能开断负荷电流。若在负荷电流下错误地

切开隔离开关（称为带负荷拉闸），则会引起电弧短路。这是一种严重的误操作，要尽量避免。

③ 载流导体。该类设备有母线、绝缘子和电缆等，用于电气设备或装置间的连接，通过强电流传递功率。母线是裸导体，需要用绝缘子支持和绝缘。电缆是绝缘导体，并具有密封的封包层以保护绝缘层，外面还有铠装或塑料护套以保护封包。

④ 互感器。互感器分为电压互感器和电流互感器等，分别将一次侧的高电压或大电流按变比转变为二次侧的低电压或小电流，以供给二次回路的测量仪表和继电器使用。

⑤ 电抗器和避雷器。电抗器主要用于限制电路中的短路电流；避雷器则用于限制电气设备的过电压。

（2）二次设备。

对电气一次设备的工作状况进行监测、控制和保护的辅助性电气设备称为二次设备。例如，各种电气仪表、继电器、自动控制设备、信号及控制电缆等。二次设备不直接参与电能的生产和分配过程，但对保证主体设备的正常、有序地工作和发挥其运行经济效益起着十分重要的作用。

一次设备主要用于高电压、大电流回路，二次设备则用在低电压、小电流回路。但一次设备中的小容量用电设备也多为低电压。有些设备类别一次和二次都有，例如，熔断器、负荷开关、母线、电缆等，原理相近，但实物结构大有差异。部分低压设备与高压设备属于同一类别，在电路中的作用基本相同，但名字不同，如低压断路器叫作自动开关，隔离开关称为闸刀开关。至于常见的低压胶盖开关、钢壳开关、转换开关、接触器等，都属于负荷开关类别，只是某些开关增加了一些功能。例如，有的转换开关可以切换电源，接触器便于远方和自动控制等。