

中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心 组编

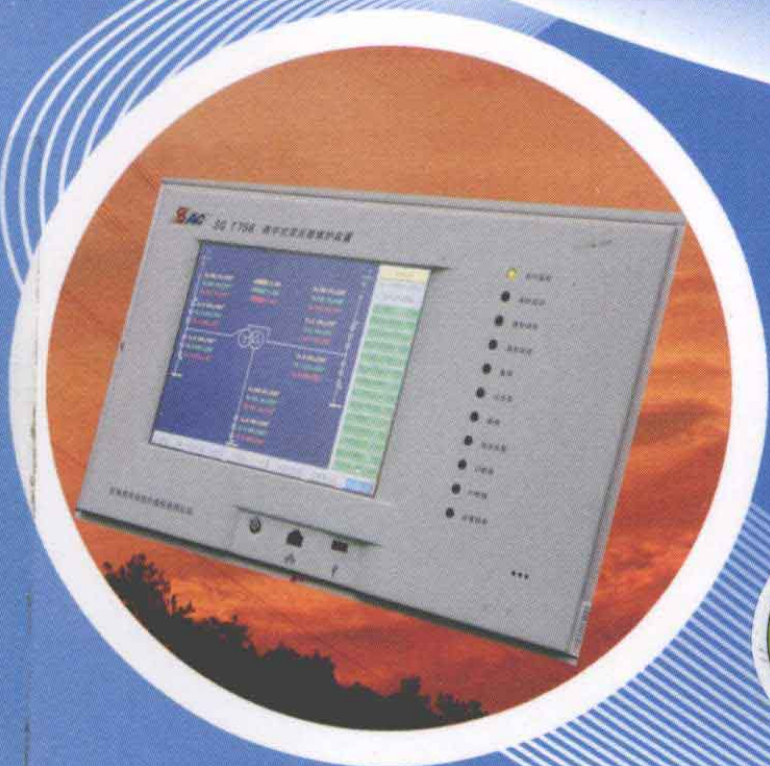
电力行业

仿真培训教材(变电类)

主编 张全元 李洪波

变电

仿真



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中

电力行业 仿真培训教材(变电类)

主 编 张全元 李洪波
副主编 赵连政 王永清 朱宏杰 毛 盾



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是在总结电力行业技能培训经验的基础上,充分考虑电力行业仿真培训体系的特点,结合变电运行专业的实际情况,按照《电力行业仿真培训与考核大纲》要求编写而成。

本书分两篇共十二章。第一篇为变电运行专业技术,共七章,包括基础知识、一次设备、继电保护及安全自动装置、二次回路、变电站综合自动化系统及通信系统、“五防”系统、新建变电站生产准备、验收及新设备投运管理;第二篇为变电运行仿真,共五章,包括变电站仿真培训系统、设备巡视检查、倒闸操作、设备异常及处理、事故分析及处理。

本书可作为各电力培训中心变电运行专业类培训教材、变电运行值班人员以及变电运行技术管理人员的现场培训教材,还可作为电力工程类大专院校现场技能学习的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电力行业仿真培训教材. 变电类/张全元,李洪波主编;中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心组编. —北京:中国电力出版社,2011.9

ISBN 978-7-5123-2163-2

I. ①电… II. ①张… ②李… ③中… III. ①变电所-电力系统运行-技术培训-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 199892 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 10 月第一版 2011 年 10 月北京第一次印刷

889 毫米×1194 毫米 16 开本 25.875 印张 790 千字 1 插页

印数 0001—5000 册 定价 86.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

电力行业仿真培训教材（变电类）

编写组

主	编	张全元	李洪波				
副	主	编	赵连政	王永清	朱宏杰	毛	盾
成	员	丁	颖	李广渊	陈元建	陈建华	孟应平
		汪旭峰	陶红鑫	汪	涵	付连杰	张希成
		李秀云	莫	莉	韩秉东	王	薇
		倪	伟				

序

随着电力系统的发展和综合自动化水平的提高，特别是特高压电网并网运行和先进的智能化电网的推广，建设一个坚强稳定的智能电网已经上升为国家战略。

变电站是电力系统中接受和分配电能并变换电压的电力设施，它作为联系发电厂、各级电网和用户的中间环节，在电力系统中处于非常重要的位置，其运行状况将直接影响电力系统的安全和稳定。变电运行就是负责变电站电气设备的运行操作和维护管理的工作，事关变电站和电网的安全和稳定运行。

我国电力行业采用仿真培训已有近 30 年的历史，随着仿真技术的不断发展，这种培训手段被众多培训机构所采用。实践证明，仿真培训是提高变电运行人员生产技能最理想的培训手段，通过环境模拟和场景再现，可以在短时间内收到理想培训效果，培训效果好，培训效率高。仿真培训已经成为变电运行人员岗前培训和在岗轮训的必经途径。

为了规范仿真培训和提高培训质量，中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心（中电联鉴教中心）于 2003 年组织成立了中国电力教育协会职工培训委员会仿真培训协作网（仿真协作网），并已完成变电、火电及水电仿真机技术规范、仿真培训基地标准、仿真培训大纲编写和出版等工作。本书就是基于仿真培训大纲的基础编写的。

本书是在总结电力行业技能培训经验的基础上，充分考虑仿真培训体系的特点，结合新形势下变电运行专业的实际情况，按照《电力行业仿真培训与考核大纲》要求编写的。本书各个部分自成体系，培训过程中可以对各部分内容随意组合，灵活且实用，案例针对性强。

本书的出版，必将推进电力行业仿真培训工作，有助于各级变电运行人员及变电运行管理人员学习和掌握变电运行专业知识，提高变电运行人员的整体素质，从而提高电网运行的可靠性。

本书由中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心组织编写，遴选了具有丰富仿真培训经验的资深教师和具有丰富现场运行维护经验的专家担任编写工作，教材编写直接面向生产实际，设备选型典型、先进又不失代表性，同时又充分考虑新老设备和技术衔接。全体编写人员以高度的责任感和严谨的治学态度，认真负责，一丝不苟，为本书的编写付出了艰辛的劳动，全书几经审改才最终定稿。在此对所有参与本书编写的同志们表示崇高的敬意！

王志新

2011 年 8 月 18 日

前言

电力行业仿真培训已有相当长的历史，随着现代计算机技术及仿真建模理论的发展，仿真机的功能更加完善、逼真度更高。早在 20 世纪 70 年代初期，国外仿真培训技术研发主要集中在火电机组上，之后扩展到电网仿真。1982 年我国成功研制第一套火电仿真机，1990 年研制出第一台电网仿真系统。变电仿真也经历了从孤立变电站仿真到考虑相关联电网的全范围变电仿真，其仿真模式也逐渐由纯硬屏盘仿真、软仿真发展到软、硬屏盘结合的数字化混合仿真系统。

为了加强电力行业各仿真培训中心之间的交流与协作，促进电力行业仿真培训技术的发展和行业自律，原中国电力企业联合会教育培训中心于 2003 年成立了中国电力教育协会职工培训委员会仿真培训协作网（仿真协作网）。2005 年，中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心（中电联鉴教中心）组织相关专业人员编写了《电力行业仿真培训与考核大纲》，目的在于进一步规范仿真培训工作及培训内容，以利于更好地提高仿真培训质量，使电力行业仿真培训更加规范化、科学化。为了更好地发挥《电力行业仿真培训与考核大纲》的作用，自 2008 年起，中电联鉴教中心组织具有丰富仿真培训经验的资深教师和具有丰富现场运行维护经验的专家，按照大纲要求编写《电力行业仿真培训教材（变电类）》。

本书分两篇共十二章。第一篇为变电运行专业技术，共七章，包括基础知识、一次设备、继电保护及安全自动装置、二次回路、变电站综合自动化系统及通信系统、“五防”系统、新建变电站生产准备、验收及新设备投运管理；第二篇为变电运行仿真，共五章，包括变电站仿真培训系统、设备巡视检查、倒闸操作、设备异常及处理、事故分析及处理。

本书由中国电力企业联合会技能鉴定与教育培训中心组织编写，由仿真协作网部分会员单位和部分电力企业单位承担编写任务。其中，第一篇第一章由王永清编写，由张全元、李洪波审定；第二章第一节由赵连政、张全元、丁颖编写，第二节由李广渊、韩秉东编写，第三节由李洪波、赵连政编写，第四节由赵连政、张全元、李广渊编写，第五节～第八节由李广渊、莫莉、赵连政编写，第九节由王薇、赵连政编写，第二章由赵连政审定；第三章第一节～第五节由毛盾编写，第六节由陈元建编写，第三章由王永清审定；第四章由汪旭峰编写，李洪波审定；第五章第一节由李兵、毛盾编写，第二节由孟应平编写，第五章由李洪波审定；第六章由陈元建编写，李洪波、朱宏杰审定；第七章由陈建华编写，朱宏杰审定；第八章第一节由王永清、汪涵编写，第二节由赵连政编写，第八章由李洪波审定；第九章由陈建华编写，李洪波审定；第十章由朱宏杰、陶红鑫编写，终审小组集体审定；第十一章第一节、第二节由倪伟、朱宏杰编写，第三节由付连杰、张希成、李秀云编写，第四节由朱宏杰编写，前三节由朱宏杰修改，第十一章由张全元审定；第十二章由朱宏杰编写，由张全元、李洪波审定。

全书由湖北超高压输变电公司张全元、齐齐哈尔电力培训中心李洪波统稿。

本书最大的特点是专业技术理论简明、扼要，仿真操作部分针对性强，所有操作项目紧密围绕现场实际，实用性强，通俗易懂，是一部完备的变电运行培训教材。本书可作为各电力培训中心变电运行专业类培训教材、变电运行值班人员以及变电运行技术管理人员的现场培训教材以及电力工程类的大专院校现场技能学习的参考书。

本书在编写过程中，得到了仿真协作网部分会员单位〔湖北超高压输变电公司、齐齐哈尔电力培

训中心、华北电网有限公司培训中心、辽宁省电力有限公司大连培训中心、湖南省电力公司超高压管理局、江苏省电力公司生产技能培训中心、华东电网有限公司电力培训中心、上海市电力公司教育培训中心、苏州供电公司、徐州供电公司、江西省电力公司超高压分公司、山东电力研究院、贵州省电力职工教育培训中心、山西省电力公司超（特）高压输变电分公司、四川电力仿真培训中心、云南电网公司电力教育中心、福建省电力有限公司培训中心、山西电力仿真培训中心、河北省电力公司石家庄培训中心]的大力支持，在此表示衷心的感谢。

在编写本书时，参考了大量的相关书籍，在此对原作者表示深深的谢意！

由于经验和理论水平所限，书中难免出现错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2011年8月18日



目 录

序
前言

第一篇 变电运行专业技术

第一章 基础知识	3
第一节 电力系统基础知识	3
第二节 变电站一次主接线	7
第三节 电力系统中性点的运行方式	10
第四节 电力系统电压调整和无功补偿	17
第五节 变电站安全工、器具	18
第二章 一次设备	26
第一节 变压器	26
第二节 高压互感器	50
第三节 并联电抗器	67
第四节 断路器	79
第五节 无功补偿装置	98
第六节 消弧线圈	105
第七节 过电压及防护措施	108
第八节 其他一次设备	115
第九节 站用交直流系统	117
第三章 继电保护及安全自动装置	130
第一节 继电保护及安全自动装置的基本原理	130
第二节 线路保护及辅助装置	131
第三节 元件保护	155
第四节 站用电源备自投装置	184
第五节 系统稳定控制装置	186
第六节 故障录波器	188
第四章 二次回路	194
第一节 二次回路图分类及常用电气符号	194
第二节 二次回路识图方法	198
第三节 典型回路识图	199
第五章 变电站综合自动化系统及通信系统	223
第一节 变电站综合自动化系统	223

第二节 通信系统 229
 第六章 “五防”系统 239
 第一节 常规防误闭锁装置 239
 第二节 微机防误闭锁装置 241
 第三节 防误闭锁装置的运行管理 245
 第七章 新建变电站生产准备、验收及新设备投运管理 248
 第一节 生产准备小组的设置及工作目标 248
 第二节 新建变电设备的验收 252
 第三节 新建变电设备的启动及管理 254
 第四节 变电设备的改、扩建管理 255

第二篇 变电运行仿真

第八章 变电站仿真培训系统 261
 第一节 仿真技术概述 261
 第二节 仿真变电站一次主接线及保护配置 265
 第九章 设备巡视检查 275
 第一节 概述 275
 第二节 设备巡视检查项目 276
 第十章 倒闸操作 289
 第一节 倒闸操作的基本概念及术语 289
 第二节 倒闸操作的执行 290
 第三节 仿真培训倒闸操作实例 292
 第十一章 设备异常及处理 322
 第一节 一次设备异常及处理 322
 第二节 站用电交、直流系统的异常及处理 341
 第三节 继电保护及安全自动装置异常及处理 346
 第四节 异常案例分析 353
 第十二章 事故分析及处理 365
 第一节 变电站事故处理 365
 第二节 仿真培训事故处理实例 371
 附录 398
 附录 1 500kV 1 号变电站一次主接线（见文后插页）
 附录 2 500kV 2 号变电站一次主接线（见文后插页）
 附录 3 220kV 1 号变电站一次主接线 399
 附录 4 220kV 2 号变电站一次主接线 400
 附录 5 110kV 变电站一次主接线 401
 参考文献 402
 后记 403

电力行业仿真培训教材（变电类）

第一篇

变 电 运 行 专 业 技 术





第一章

基础知识

第一节 电力系统基础知识

一、电力系统组成

在电力生产中，发电厂把其他形式的能量转换为电能，电能经过变压器和不同电压等级的输电线路被输送并分配给用户，再通过各种用电设备转换成适合用户需要的其他形式的能。这种由生产、输送、分配和使用电能的各种电气设备连接在一起而组成的整体，称为电力系统。如果把火电厂的汽轮机、锅炉、供热系统和热用户，水电厂的水轮机和水库，核电厂的反应堆和汽轮机等动力部分也包括进来，就称为动力系统。电力系统中输送和分配电能的部分称为电力网，它包括升、降压变压器、换流站和各种电压等级的交、直流输电线路。由输电线和连接这些电力线路的变电站所组成的统一体，称为输电网，它的作用是将发电厂的电能送往负荷中心；由配电线路和配电站组成的统一体，称为配电网，它的作用是将负荷中心的电能分配到各配电站后，再将电能送往各用户。根据电压等级的高低，电力网分为特高压输电网、超高压输电网、高压输电网和配电网，其电压等级的划分情况如表 1 - 1 所示。

表 1 - 1 电力网电压等级的划分

输 电 网	电压等级 (kV)	配 电 网	电压等级 (kV)
特高压输电	1000、±800	高压配电	35、63 (66)
超高压输电	330、500、750、±500、±600	中压配电	3、6、10、20
高压输电	110、220	低压配电	0.380、0.220

电力系统中各类设备之间的连接状况，可以用电力系统接线图来表示，如图 1 - 1 所示。图 1 - 1 同时表明了动力系统、电力系统和电力网三者之间的关系。

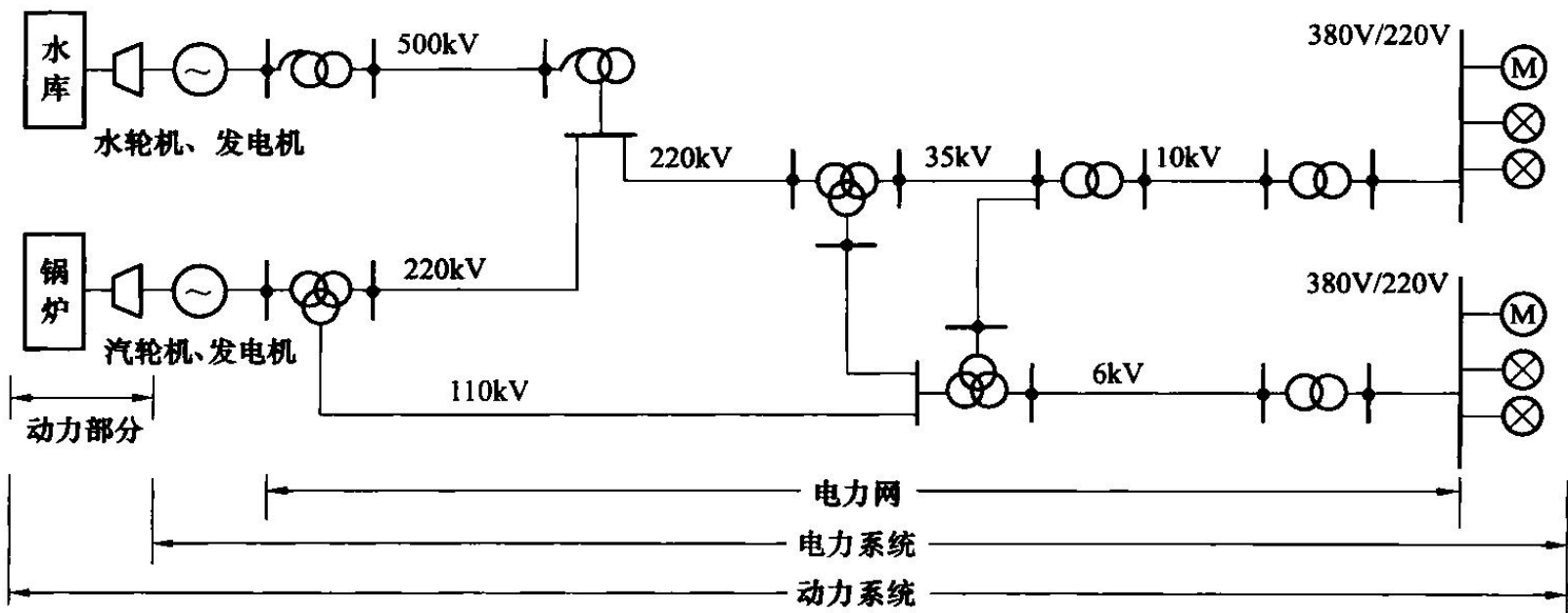


图 1 - 1 动力系统、电力系统和电力网

二、建立联合电力系统的优越性

将几个区域性电力网通过超高压甚至特高压输电线路连接起来，组成的更大的电力系统，称为联合

电力系统。

联合电力系统具有以下优越性：

- (1) 可提高电力系统运行的可靠性。当系统中任一电厂因故障停机时，不致影响对用户的连续供电。
- (2) 可提高设备的利用率。由于合理地调度，可使设备得到充分地利用，因而提高了发电和变电设备的利用小时数。
- (3) 可提高电能质量。单个机组或单个负荷在系统中所占的比例很小，因此，个别负荷或机组的投入和切除对系统频率或电压的影响不大。
- (4) 可减少电力系统备用机组的总容量比例，节省投资。为保证供电可靠，系统中需要有适量的发电机组作为备用，由于统一考虑一定的备用机组，大大减少了备用机组的总容量比例。
- (5) 可提高整个系统的经济性。联合电力系统可发挥各类电厂的特点，充分利用能源。
- (6) 为使用高效率、大容量的机组创造了条件。当系统容量很大时，由于系统有足够的备用容量，故可装备高效率大容量的机组。

三、电能生产的特点及对电力系统运行的基本要求

1. 电能生产的特点

电能的生产、输送、分配和使用具有与其他工业生产完全不同的特点。

- (1) 电能不能大量储存。电能的生产、输送、分配和使用是在同一时刻完成的。发电厂在任何时候发出的功率必须等于该时刻用电设备所需的功率以及输送、分配环节中的功率损耗之和。
- (2) 电力系统的暂态过程非常短暂。当正常操作或发生故障时，电力系统从一种运行状态变到另一种运行状态时引起的电磁、机械、电气方面的变化过程极为迅速。
- (3) 电力与国民经济各部门及人民生活关系极为密切。由于电能在现代社会各个领域得到了广泛的应用，因此供电的突然中断会产生恶劣的社会影响，同时会带来严重的经济损失。

2. 电力系统运行的基本要求

根据以上这些运行特点，对电力系统运行有以下三个方面的基本要求：

- (1) 保证安全可靠地供电。
- (2) 要有合格的电能质量。
- (3) 要有良好的运行经济性。

四、电力系统的电能质量标准

电压、频率、波形是衡量电力系统电能质量的三个重要参数。截止到 2011 年，共颁布了 6 个电能质量标准。

1. GB/T 12325—2008《电能质量 供电电压偏差》

供电电压偏差一直是电能质量的一项基本指标，本标准分别就 35kV 及以上、20kV 及以下三相供电，220V 单相供电电压允许偏差作了如下规定：

- (1) 35kV 及以上供电电压正、负偏差绝对值之和不超过标称电压的 10%^①。
- (2) 20kV 及以下三相供电电压偏差为标称系统电压的 $\pm 7\%$ 。
- (3) 220V 单相供电电压偏差为标称电压的 $+7\%$ 、 -10% 。
- (4) 对供电点短路容量较小，供电距离较长以及对供电电压偏差有特殊要求的用户，由供、用电双方协议确定。

2. GB/T 12326—2008《电能质量 电压波动和闪变》

电力系统负荷快速增长，其中冲击性负荷（诸如电弧炉、轧机、电焊机及电力机车等）广泛地使用，

① 如供电电压上下偏差同号（均为正或负）时，按较大的偏差绝对值作为衡量依据。

使得某些电网的电压波动达到了不能容忍的程度。为了控制电压波动和闪变的危害，发布了 GB/T 12326—2008《电能质量 电压波动和闪变》。

(1) 电力系统中一个以上用户的连接处称为公共连接点（PCC）。任何一个波动负荷用户在电力系统公共连接点产生的电压变动，其限值和电压变动频率、电压等级有关，如表 1-2 所示。

r (次/h)	电压变动限值 (d)	
	d (%)	
	低压 (LV)、中压 (MV)	高压 (HV)
$r \leq 1$	4	3
$1 < r \leq 10$	3	2.5
$10 < r \leq 100$	2*	1.5*
$100 < r \leq 1000$	1.25	1

注 1. 很少的变动频度（每日少于 1 次），电压变动限值 d 还可以放宽，但不在本标准中规定。
2. 本标准中系统标称电压 U_N 等级按以下划分：低压 (LV) $U_N \leq 1\text{kV}$ ；中压 (MV) $1\text{kV} < U_N \leq 35\text{kV}$ ；高压 (HV) $35\text{kV} < U_N \leq 220\text{kV}$ 。
对于 220kV 以上超高压 (EHV) 系统的电压波动限值可参照高压 (HV) 系统执行。
* 对于随机性不规则的电压波动，依 95% 概率大值衡量，表中标有 * 的值为其限值。

(2) 电力系统公共连接点，在系统正常运行的较小方式下，以一周（168h）为测量周期，所有长时间闪变值 P_{lt} 应满足表 1-3 所列的限值。

闪变限值	
P_{lt}	
$\leq 110\text{kV}$	$> 110\text{kV}$
1	0.8

3. GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》

电网的谐波污染所产生的后果较为严重，为了控制谐波污染，1993 年颁布了公用电网谐波标准。公用电网谐波电压限值如表 1-4 所示。

公用电网谐波电压（相电压）限值			
电网标称电压 (kV)	电压总谐波畸变率 (%)	各次谐波电压含有率 (%)	
		奇 次	偶 次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110	2.0	1.6	0.8

4. GB/T 15543—2008《电能质量 三相电压不平衡》

标准适用于标称频率为 50Hz 的交流电力系统正常运行方式下由于负序基波分量引起的公共连接点的电压不平衡及低压系统由于零序基波分量而引起的公共连接点的电压不平衡。

电力系统公共连接点电压不平衡度限值为：

(1) 电网正常运行时，负序电压不平衡度不超过 2%，短时不得超过 4%；低压系统零序电压限值暂不作规定，但各相电压必须满足 GB/T 12325 的要求^①。

(2) 接于公共连接点的每个用户引起该点负序电压不平衡度允许值一般为 1.3%，短时不超过 2.6%。根据连接点的负荷状况以及邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行要求，该允许值可作适当变动，但必须满足 (1) 的规定。

5. GB/T 15945—2008《电能质量 电力系统频率偏差》

电力系统频率偏差和电压偏差一样，是电能质量基本指标。电力系统频率偏差主要反映发电有功功率和消耗的有功功率（包括负荷、厂用电以及电网中有功功率损耗）之间的平衡关系，同时也反映频率控制的技术水平。电网容量越大，负荷相对变化越小，则频率控制越容易。电力系统中的发电与用电设备只有在额定频率附近运行时，才能发挥最好的功能。系统频率过大的变动，对用户和发电厂的运行都将产生不利的影响。

标准规定了正常运行情况下电力系统频率的允许偏差值，同时，对冲击负荷引起的系统频率变动作了规定。

(1) 电力系统正常频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ，当系统容量较小时，偏差值可以放宽到 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

(2) 冲击负荷引起的系统频率变化，为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ，根据冲击负荷性质和大小以及系统的条件也可适当变动，但应保证近区电力网、发电机组和用户的安全、稳定运行以及正常供电。

6. GB/T 18481—2001《电能质量 暂时过电压和瞬态过电压》

标准规定了交流电力系统中作用于电气设备的暂时过电压和瞬态过电压要求、电气设备的绝缘水平及过电压保护方法。

五、电力系统的经济运行

电力系统经济运行的基本要求是：在保证整个系统安全可靠和电能质量符合标准的前提下，努力提高电能生产和输送的效率，尽量降低供电的燃料消耗或供电成本。电力系统经济运行主要反映 3 个经济指标。

(1) 标准煤耗量。即生产 1kWh 电能所消耗的标准煤量（按规定发热量为 7000kJ/kg 的标准煤）。

(2) 厂用电率。发电厂在电力生产过程中耗用的电量占发电量的百分比。

(3) 线路损耗率。电能 news 在各级电网输送中的损耗量占供电量的百分比。

在运行中应采取措施，努力将全电力系统的各项经济指标降低到最小。主要措施有：

(1) 经济负荷分配。经济负荷分配包括系统内发电厂之间及厂内机组之间的负荷分配，应使火电厂高效率的机组多带负荷，并尽量减少不必要的开、停机次数，在丰水期使水电厂尽量多发电，有条件时，可按机组的经济特性分配负荷。

(2) 降低线损。降低线损的主要措施如下：

1) 做好供电的技术管理、计量管理和用电管理等工作。

2) 减少变压级数。

3) 就地平衡无功减少线路输送无功的容量。

4) 适当改变某些不合理的送、配电线路。

5) 提高电网运行的电压水平。

6) 最佳潮流分配。

^① 本标准中不平衡度为在电力系统正常运行的最小方式（或较小方式）下、最大的生产（运行）周期中负荷所引起的电压不平衡度的实测值；低压系统是指标称电压不大于 1kV 的供电系统。



第二节 变电站一次主接线

一、变电站一次主接线及其基本要求

变电站一次主接线是由变压器、电抗器、电容器、断路器、隔离开关、互感器、母线等一次电气设备按照一定顺序连接，用以表示汇集和分配电能的电路。主接线图通常都用单线图表示。

变电站电气主接线的确定，与电气设备的选择、配电装置的布置、继电保护和自动装置的配置、调度运行的灵活性和可靠性以及电力系统稳定性和经济性都有着密切关系，所以，主接线形式的确定是极其重要的。

由于电能生产的特点是发电、变电、输电和用电在同一时刻内完成，而变电站又起到连接电源与用户、传输电能、变换电压、控制系统运行方式的作用。所以变电站主接线直接影响到工农业生产和人民生活。因此，主接线的设计除了要符合国家有关技术经济政策、法规、规定和标准外，还应该考虑以下基本要求，使其技术先进、经济合理、安全可靠：

- (1) 满足用户或电力系统对供电可靠性和电能质量要求。
- (2) 具有一定的运行灵活性。
- (3) 接线简单、清晰，操作维护方便。
- (4) 技术先进，经济合理。
- (5) 便于发展和扩展。

二、变电站一次主接线的基本形式

变电站一次主接线的基本形式，就是主要电气设备常用的几种连接方式，概括地可分为两大类：即有汇流母线的接线和无汇流母线的接线，下面主要介绍有汇流母线的接线。

1. 单母线接线

图 1-2 为单母线接线图，这是一种最简单的接线形式。它仅有一组母线，电源和引出线都通过两组隔离开关和一组断路器接入母线。

单母线接线主要优点是接线简单、清晰，操作方便且利于扩建；所用电气设备少，配电装置造价低；隔离开关仅作为隔离电源用，不作为操作电器，可以减少误操作机会。

单母线接线的主要缺点是可靠性和灵活性差。若母线或母线侧隔离开关故障或检修时，所有回路均需停电，出线断路器检修时，该出线将停止供电，直至修复完毕才能恢复送电。故这种接线只适用于对可靠性和灵活性要求不高、小容量的配电装置，若采用成套开关柜可相应地提高供电可靠性。

2. 单母线分段接线

图 1-3 为单母线分段接线。用断路器 QF1 将母线分为 I、II 两段母线，分段断路器 QF1 装有充电保护，它的工作状态正常可以在合位也可以在分位。若在正常情况下，分段断路器 QF1 在合位，两段母线则并列运行，当任一段母线故障时，在母线继电保护的作用下，分段断路器和连接在该段母线上的所有回路断路器均自动跳开，非故障母线段仍可继续工作。若在正常情况下，分段断路器 QF1 在分位，则可以减小系统短路电流；两段母线分列运行时，因装有备用电源自动投入装置，当任一母线电源故障时，其断路器自动断开，然后在备用电源自动投入装置的作用下，分段断路器 QF1 自动投入（合闸），保证引出线继续供电。

单母线分段接线保留了单母线接线优点，同时提高了对重要用户供电的可靠性，因为重要用户可以分别从不同母线段上取得电源，实现双回路供电。由于母线被分段，就可以轮流检修分段母线，总可以保留一半用户继续供电，从而提高了供电可靠性。同时由于一段母线故障时仍有一半用户继续供电，从而缩小了事故范围。

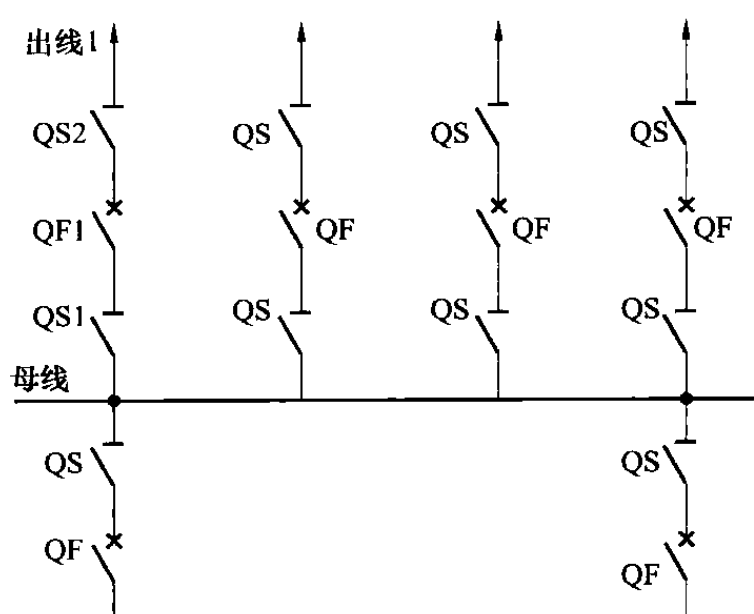


图 1-2 单母线接线

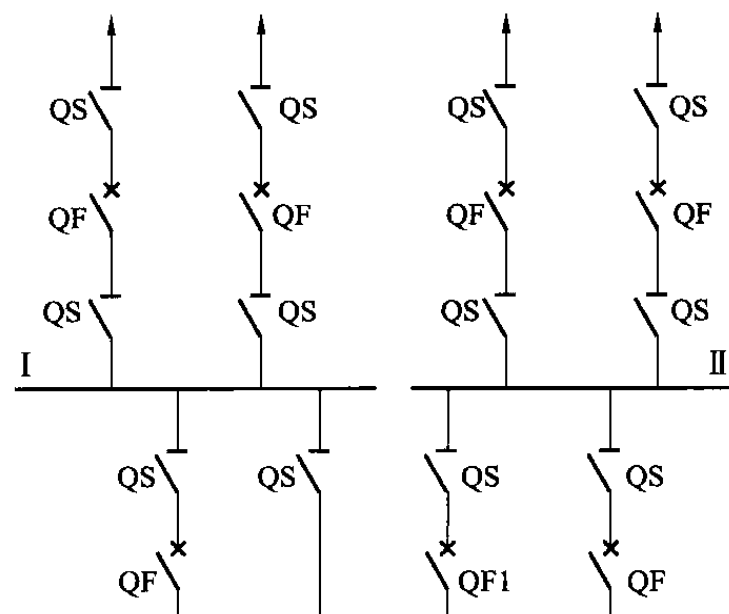


图 1-3 单母线分段接线

3. 单母线带旁路接线

图 1-4 所示为单母线带旁路接线。在单母线接线的基础上，增加了一组旁路母线，旁路间隔（QF2、QS3、QS4）及相应的隔离开关 QS5。有了旁路母线就可以克服检修出线断路器时出线必须停电的缺点。平时旁路断路器 QF2 在分位，旁路母线不带电，处于备用状态。备用有两种状态，当两侧隔离开关 QS3 和 QS4 在合位时称为热备用状态，两侧隔离开关 QS3 和 QS4 在分位时称为冷备用状态。当要检修任一出线断路器，可采用旁路代送方式保证线路供电，如检修 QF1 时，供电路线为：主母线→QS3→QF2→QS4→旁路母线→QS5→线路 1。

带有旁路母线的单母分段接线具有足够的可靠性和灵活性，适用于出线回路数较多、电压为 35 ~ 110kV 的变电站。

4. 双母线接线

图 1-5 为双母线接线。这种接线具有两组母线 I、II，每回线路通过一组断路器 QF 和两组隔离开关（QS1、QS2）分别连到两组母线上，两组母线均为工作母线，两组母线通过母联断路器 QF1 连接。正常情况下，母联断路器在合位，两组母线并列运行。

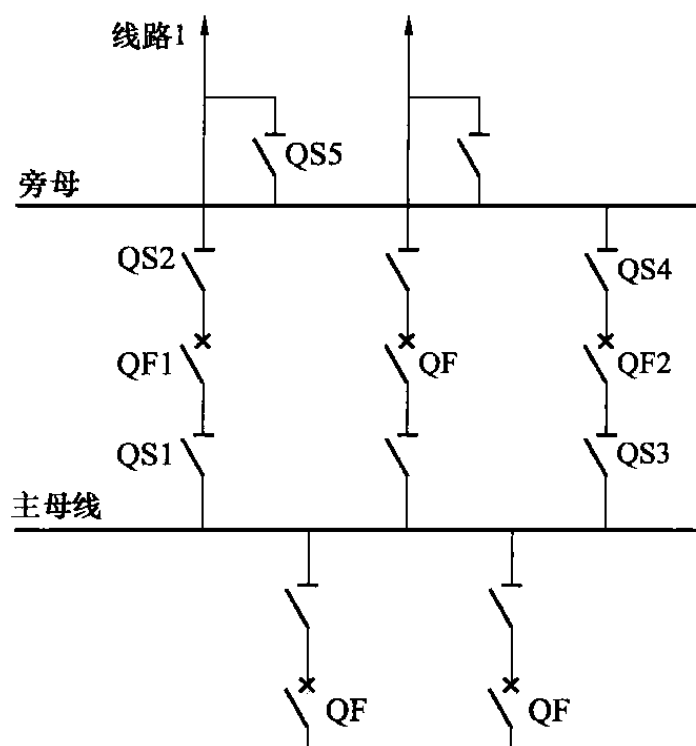


图 1-4 单母线带旁路接线

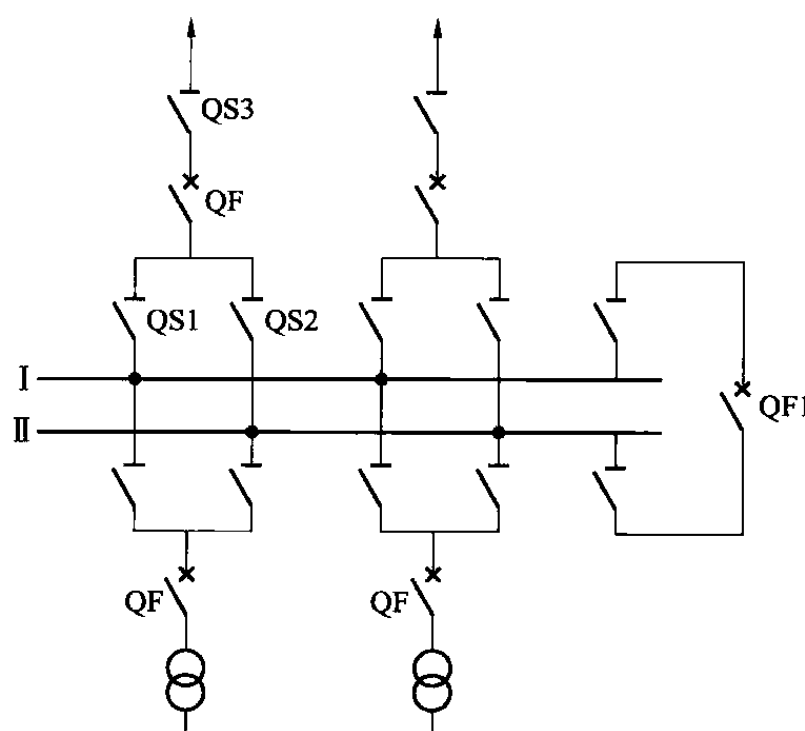


图 1-5 双母线接线

双母线接线具有如下优点：

- (1) 轮流检修母线而不中断供电，可将要检修母线的全部回路倒换到另一组母线上运行。
- (2) 检修任一回路母线隔离开关时，只影响该回路供电。
- (3) 一组母线发生故障时，继电保护动作跳开与该母线相连的断路器，可将故障母线全部回路倒到