



变电运行仿真培训

BIANDIAN YUNXING
FANGZHEN PEIXUN

种衍师 王兴照 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

作者简介

种衍师（1958~），男，山东电力集团公司枣庄供电公司高级工程师，国家电网公司优秀专家人才——工程技术专家，国家电网公司技术学院兼职教师、山东电力仿真培训中心兼职教师、山东电力集团公司农电系统兼职培训教师、山东电力农电技工培训中心“变电运行仿真培训”兼职教师、山东电力技能培训中心“变电运行专业岗位培训”兼职教师。2005年获得中国就业培训技术指导中心和中国电力企业联合会颁发的“电力行业仿真培训指导教师”资格证书。在国家级刊物上发表10余篇论文。《变电运行仿真培训》专用教材被山东省职业教育协会评为2006~2007年度“职工教育与职业教育优秀科研成果”一等奖。先后与他人合著出版了《变电设备及运行处理》、《生产技能人员普调考与离岗轮训试题库（变电运行分册）》等书籍。

作者从事电网调度及变电运行工作近30年，从事变电运行现场培训、仿真培训和技能鉴定培训授课10余年，积累了丰富的现场培训、仿真培训和技能鉴定培训授课经验，为电力系统培养了大批的变电运行专业技术人才。

变电运行仿真培训

BIANDIAN YUNXING
FANGZHEN PEIXUN

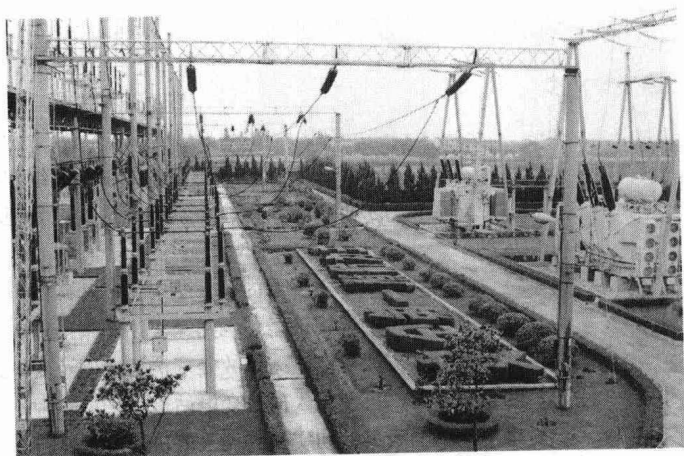
ISBN 978-7-5083-8611-9



9 787508 386119 >

定价:33.00 元(含1DVD)

销售分类建议：电力工程 / 输配电



变电运行仿真培训

BIANDIAN YUNXING FANGZHEN PEIXUN

种衍师 王兴照 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是根据电力行业仿真培训教材编写大纲和技能鉴定的要求,结合无人值班变电站运行人员的岗位需求,将基础理论知识和现场实际操作技能紧密结合编写而成的。

本书共分十章,主要内容有变电运行基础知识、变电运行管理、继电保护及自动装置、设备的巡视检查、倒闸操作、倒闸操作实例、倒闸操作标准化管理、变电站事故处理方法、变电站事故处理仿真实例及变电站仿真系统简介等。通过对本书的系统学习,可使无人值班变电站运行人员在理论与实践的结合上得到升华,达到事半功倍的效果,切实提高无人值班变电站运行操作维护及事故处理的水平。

本书既可作为变电运行仿真培训和技能训练的培训教材,也可作为变电运行专业人员业务培训或自学的参考书,同时还可作为大专院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

变电运行仿真培训/种衍师,王兴照编著. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8611 - 9

I. 变… II. ①种…②王… III. 变电所 - 电力系统运行
IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 037466 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 5 月第一版 2009 年 5 月北京第一次印刷

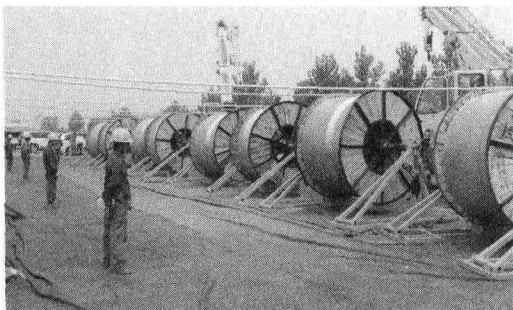
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 295 千字

印数 0001—3000 册 定价 33.00 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



序

随着电网建设的快速发展,设备更新换代的速度加快,设备技术含量的不断提高,无人值班变电站的广泛推广,变电运行管理在电网安全运行的重要地位愈加显现出来。同时,对变电运行岗位人员也提出了更高的要求,以便适应新的需要。因此,加强对变电运行岗位培训及在职培训工作,全面提升变电运行人员的技能水平,是确保电网安全运行的重要举措,也是当务之急。

《变电运行仿真培训》的内容涵盖了变电运行基础知识、变电运行管理、继电保护及自动装置、设备的巡视检查、倒闸操作及标准化管理、变电站事故处理等变电运行理论及实际操作知识,是一本理论与现场实际紧密结合、全面概括变电运行专业知识、重点掌握倒闸操作核心技能的变电运行专业培训实用教材。该书立足于现场实际操作,通过一些倒闸操作、事故处理实例的学习,特别是通过对“倒闸操作标准化管理”操作实例录像片的观看和演练,使学员能把基础理论与现场操作结合起来,把教材内容与规程制度联系起来,充分体现理论联系实际的原则。该书是编著者多年现场学习和实践的结晶,是培训授课经验的积累,是变电运行专业岗位培训中一本难得的好教材,相信该书的出版定能得到变电运行及相关专业人士的欢迎。

该书的编著者种衍师、王兴照同志多年从事变电运行管理工作,先后编写了《无人值班变电站运行管理标准》、《无人值班变电站技术原则》、《变电运行管理标准》等规程规范,在无人值班变电站管理方面积累了丰富的经验。他们还编写了《生产技能人员普调考与离岗轮训题库(变电运行分册)》、《变电运行仿真培训》等培训教材,对今后的变电运行岗位培训及在职培训工作起到了很好的促进作用。

希望该书的出版可以为广大变电运行人员的岗位培训、在职培训及自学提供有益的帮助,也希望能对变电运行专业培训水平的提高起到良好的推动作用,更希望能有越来越多的现场技术人员将自己长期积累的现场实践经验进行总结提炼,编写出更多更好的培训教材。

山东电力集团公司副总经理

种衍师
4.23



前 言

本书是作者在仿真培训和技能鉴定培训授课讲稿的基础上修编而成的。

本书编写的总体思路是：

(1) 基础理论与现场操作相结合。本书充分体现简单、易懂、实用的原则，把基础理论与现场操作紧密地结合起来，通过对一些倒闸操作实例和变电站事故处理仿真实例的训练，为在仿真系统上的实际操作打下基础。

(2) 业务基础与技能水平相结合。本书充分考虑到运行人员的业务基础、知识层次、技能水平、知识更新等实际状况，由浅入深地阐述理论知识。理论知识的阐述采取适度、必需、够用的原则，结合运行人员应掌握的基本技能，使知识与技能很好地融合在一起，重点放在技能的掌握和提高上。

(3) 教材内容与规程制度相结合。本书的内容是完全按照有关规程制度的要求编写的，书中“设备的巡视检查”、“倒闸操作标准化管理”及“变电站事故处理方法”等部分，在具体内容编写上是有关规程制度的升华与提高。通过学习本书可以起到潜移默化地学习规程、理解规程及执行规程的作用。

(4) 全面了解与重点掌握相结合。本书全面介绍了电力系统的基本知识，变电站电气设备内容涵盖变电站一、二次全部设备，电压等级从0.22~500kV。从传统的变电站有人值班运行到应用高新技术的变电站无人值班管理，全面了解变电运行基本知识，重点掌握倒闸操作核心技能。

总之，本书可以使学员在有限时间内在理论知识和操作技能方面得到最大程度的提高，同时在工作中不理解的问题也可以到本书中查阅。

本书在编写过程中，得到了山东电力集团公司、枣庄供电公司众多专家和技术人员的帮助和支持，在此表示感谢。

本书所配光盘内容是按照第七章第五节要求，由山东电力集团公司枣庄供电公司变电运行工区提供的，在此对参与策划、编导及演练等全体人员一并表示感谢。

在编写本书时，参考了部分相关书籍，在此对这些书籍的作者表示感谢。

由于作者水平有限，加之时间比较仓促，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者提出宝贵意见，以便再版时，使本书吸取众家之长，不断完善充实本书内容，使其真正起到提高变电运行人员专业技能水平的作用。

编著者

2009年2月



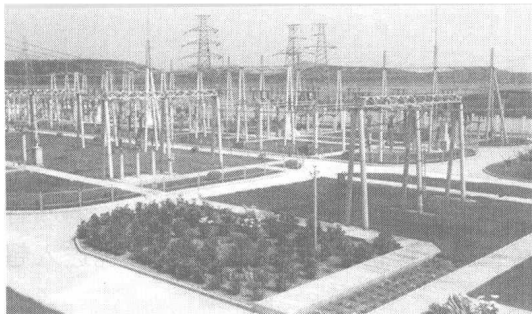
目 录

序

前言

第一章 变电运行基础知识	1
第一节 电力系统基本知识	1
第二节 变电站电气设备	7
第三节 变电站二次系统的一般规定	20
思考题	26
第二章 变电运行管理	27
第一节 变电运行管理模式	27
第二节 无人值班变电站的运行专业管理	28
第三节 变电运行岗位设置及职责	29
第四节 安全管理	33
第五节 运行管理	38
第六节 设备管理	46
思考题	50
第三章 继电保护及自动装置	52
第一节 继电保护及自动装置基本知识	52
第二节 主变压器的保护	55
第三节 母线的保护	58
第四节 线路的保护	61
思考题	69
第四章 设备的巡视检查	70
第一节 设备巡视规定	70
第二节 高压设备的巡视检查	70
第三节 二次系统的巡视检查	76
思考题	77
第五章 倒闸操作	78
第一节 倒闸操作的基本规定	78
第二节 设备的倒闸操作	80
第三节 变压器的倒闸操作	82
第四节 母线的倒闸操作	85

第五节	线路的倒闸操作	87
第六节	旁路带路的倒闸操作	91
第七节	站用电的倒闸操作	94
第八节	消弧线圈和电容器的倒闸操作	96
思考题		97
第六章	倒闸操作实例	98
第一节	220kV 仿真变电站正常运行方式	98
第二节	线路倒闸操作实例	100
第三节	主变压器倒闸操作实例	101
第四节	倒母线倒闸操作实例	104
第五节	母旁带路倒闸操作实例	108
思考题		118
第七章	倒闸操作标准化管理	119
第一节	倒闸操作前的准备	119
第二节	倒闸操作标准化程序	128
第三节	倒闸操作注意事项	132
第四节	停电期间的工作票管理	133
第五节	倒闸操作标准化操作实例	136
思考题		142
第八章	变电站事故处理方法	143
第一节	事故处理的基本原则	143
第二节	高压电气设备的异常及故障处理	144
第三节	二次系统及站用电系统的异常及故障处理	150
第四节	变电站常见异常及故障处理方法	152
思考题		156
第九章	变电站事故处理仿真实例	157
第一节	线路故障处理	157
第二节	变压器故障处理	162
第三节	母线故障处理	169
第四节	电压互感器熔断器熔断故障	175
第五节	站用电系统故障	177
第六节	直流系统故障	178
思考题		182
第十章	变电站仿真系统简介	183
第一节	系统概况	183
第二节	系统的基本操作	184
第三节	现场设备三维巡视操作	187
思考题		196
参考文献		197



第一章

变电运行基础知识

第一节 电力系统基本知识

一、电力系统的组成

1. 电力系统

电力系统是动力系统的一部分，把动力系统的热力、水力部分剥离，余下的部分就是电力系统。电力系统包括发电设备，输变电一次设备、二次设备，调度通信自动化设备和用电设备。

电力系统的作用是把发电厂生产的电能通过升压变电站、高压（超高压、特高压）输电线路、降压变电站及中低压输配电设备输送到用电客户。

2. 电网

电网是电力系统的一部分，除去电力系统中的发电机和用电设备，余下的就是电网。所以电网只包括变电站和各种不同电压等级的输电线路。

3. 电网的分类

(1) 电网可分为区域电网和地方电网。电压在 110kV 及以上、供电范围较广、输送功率较大的电网，称为区域电网。电压在 110kV 以下，供电距离较短，输电功率较少的电网，称为地方电网。

(2) 根据电网的结构方式，电网又分为开式电网和闭式电网。凡是客户只能从单方向得到电能的电网，称为开式电网；凡客户至少可以从两个或更多方向同时得到电能的电网，称为闭式电网。

(3) 根据电压等级的高低，电网还可分为低压、高压、超高压及特高压电网。通常把 1kV 以下的电网称为低压电网，1 ~ 220kV 的电网称为高压电网，330 ~ 750kV 的电网称为超高压电网，交流 1000kV 和直流 ± 800 kV 及以上的电网称为特高压电网。

4. 超高压电网

超高压电网是指电压等级为 330 ~ 750kV，电力输送距离可达 200 ~ 1200km，输送容量可达 20 ~ 250 万 kW 的电网。我国现有电网主要以 500kV 交流和 ± 500 kV 直流系统为主。

1984 年，我国第一条自行设计、施工、制造设备的 500kV 元宝山—锦州—辽阳—海城输变电工程建成投产，将黑龙江东部和西部电网纳入东北主网，逐步形成了覆盖辽、吉、黑和内蒙东部地区 220kV 为骨干网架的东北区域电网。接下来，京津唐、山西、河北南部和内蒙古呼包电网先后以 220、500kV 联网，并形成了以京津唐为中心、以 500kV 为骨干线路连接的华北区域电网；华中地区各省内地区电网逐步联网，形成统一省网后，鄂湘、鄂赣联网与鄂豫网形成了连接，逐步形成了华中区域电网；华东地区随着江苏、浙江等统一省网形成后，逐步发展以 500kV 电网贯穿三省一市，并形成华东三省一市 500kV 大环网；西北地区逐步发展成以 330kV 为骨干网架的覆盖陕西、甘肃、青海、宁夏四省区的西北区域电网；

南方四省区在各省区统一电网发展的基础上通过天广线形成了广东、广西、贵州、云南四省互联电网，实现了联合。至 1990 年，国内电网联网布局雏形初显，我国电网建设也进入超高压大电网时代。

5. 高压直流输电

一般把 $\pm 500\text{kV}$ 电压等级的直流输电系统称为高压直流输电系统（HVDC）。

（1）高压直流输电的优点。

- 1) 可远距离大容量输送电力；
- 2) 直流输电所联系的两端交流电力系统可非同期运行；
- 3) 能方便而迅速地进行控制和调节；
- 4) 可提高每条线路走廊内的输送容量，节省线路占地；
- 5) 线路稳态运行时无电容充电电流，使线路的输送距离和功率大大提高。

（2）高压直流输电的输送能力。 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电技术的经济输电距离小于 1100km ，输送容量可达 $200 \sim 300$ 万 kW ； $\pm 660\text{kV}$ 直流输电技术的经济输电距离为 $900 \sim 1700\text{km}$ ，输送容量可达 $300 \sim 400$ 万 kW ； $\pm 800\text{kV}$ 直流输电技术的经济输电距离为 $1200 \sim 2700\text{km}$ ， $\pm 1000\text{kV}$ 直流输电技术的经济输电距离在 1800km 以上，输送容量可达 500 万 kW 。

国家电网公司西北（宁东）～华北（山东）直流联网 $\pm 660\text{kV}$ 输电线路工程（晋冀省界～冀鲁省界段）。该条线路是国内第一条 $\pm 660\text{kV}$ 直流输电线路，也是世界首个 $\pm 660\text{kV}$ 电压等级的输变电建设项目。宁东～山东 $\pm 660\text{kV}$ 直流工程西起银川，东至青岛，输电距离全长 1335km ，输送容量 4000MW ，计划 2010 年双极建成投运。该工程作为我国“西电东送”主要依托项目，通过高压直流输电建立“空中电力高速公路网络”，直接把电能送到负荷中心，实现绿色、节能、环保的能源传输。这是我国建立资源节约、环境友好型社会的重大举措，是我国国民经济可持续发展战略的重要组成部分。

6. 特高压电网

特高压电网是以交流 1000kV 和直流 $\pm 800\text{kV}$ 及以上系统为主，电力输送距离可达 $1000 \sim 2000\text{km}$ ，可以满足远距离大容量电力输送的需求，有利于大型电站群的开发和电力外送。

7. 区域电网

区域电网通常是由一些紧密联系的省级电网组成的。除了物理上连接以外，最重要的是通过区域电网，可以实现省级电网之间的电量交易，有利于电力资源的跨地区交换，实现市场资源的优化配置。除西北电网以 330kV 为主网架外，其他区域电网主网架的电压等级均为 500kV 。

过去我国电网的建设一直是以省为主体，以满足当地电力供需为出发点来进行规划的。随着区域电网的逐步加强，实现区域电网内电力交易及全国统一电网的形成将成为可能。

到 2002 年底，华北、东北、华东、华中、西北、川渝和南方七个跨省、区电网和五个省级独立电网在我国形成。其中，2001 年 5 月，华北与东北电网通过 500kV 线路连接实现了第一个跨大区交流联网，拉开了全国跨区联网的序幕。

2003 年 9 月，华中与华北电网联网工程投运，自此形成了由东北、华北、华中区域电网构成的交流同步电网。

2004 年，华中电网通过三广直流工程与南方电网相联。

2005年3月, 山东电网联入华北电网。

2005年6月, 华中与西北电网通过灵宝直流背靠背联网工程相联, 标志着我国主要电网实现了全国联网。

2005年9月, 我国750kV交流示范工程顺利投产, 西北地区750kV电网建设全面铺开。

至2007年末, 除西藏、新疆、海南及台湾外, 全国性的互联电网已初步形成, 全国大部分地区已形成500kV主网架。跨区跨省送电稳步增长, 对于调剂电力余缺、缓解电力供应紧张和促进资源优化配置起到了重要作用。

8. 联合电力系统

把几个区域性电网通过超高压甚至特高压输电线路连接起来, 组成更大的电力系统称为联合电力系统。

(1) 联合电力系统的优越性。

1) 提高电力系统供电的可靠性。在电力系统中, 大量运行着的设备都有发生故障的可能性, 但系统中多个电厂同时发生事故的的概率远较单一电厂发生事故的的概率要小得多, 组成联合电力系统后, 可使供电可靠性得到提高。

2) 减少系统备用容量的比重。电力系统的备用容量, 是为机组的事故停电及由于设备检修停电时而又不得不中断对用户供电而设置的。在联合电力系统中, 各子系统的备用容量是可通用的, 这样, 系统容量愈大, 备用容量占总装机容量的百分比愈小。

3) 可采用高效率的大容量机组。联合电力系统的容量很大, 个别机组的开停甚至故障, 对系统的影响相对较小。这样一来, 就为大容量高效率机组的使用创造了条件。大容量机组效率高、节省材料、占地少、运行经济。

4) 可减少总负荷的峰值。在联合电力系统中, 通过合理地调配用电, 可以降低电力的最大负荷, 减少总的装机容量。由于不同地区用电负荷、生产、生活及时差条件的差异, 使联合后的电力系统的最大负荷小于联合前子系统最大负荷之和。

5) 可以充分利用水电厂的水能资源。联合电力系统的形成, 可以合理地调度负荷在水、火电厂间的分配, 充分利用水能, 减少煤耗量。同时, 水电厂担负电力系统的调频任务时, 进行负荷的增减也较容易。

(2) 我国联合电力系统的现状。现由东北电网、西北电网、华北电网、华中电网、华东电网和南方电网六大电网组成, 如图1-1所示。

我国的联合电力系统的未来将按地理位置分片形成北、中、南3个跨区互联电网, 三网再进行有限的互联, 以建成全国统一的联合电网。

北部电网: 包括东北、华北、山东及西北电网。

中部电网: 包括华东、华中、川渝和福建电网。

南部电网: 包括广东、广西、贵州、云南、海南及港、澳电网。

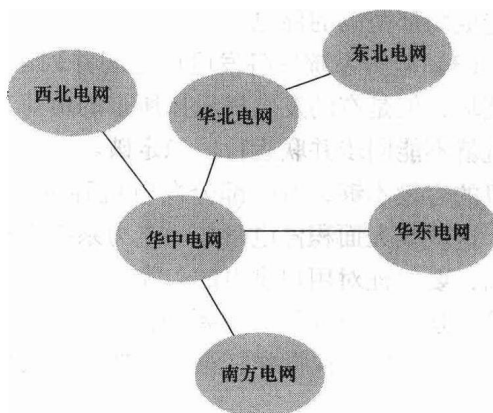


图 1-1 六大电网

二、电能生产的技术特点

电能的生产、传送、分配和使用有着与其他工业生产完全不同的特点：

(1) 电能是不能存储的。电能的生产、传送、分配和使用是在同一时刻完成的，在电力系统中，任何时刻所生产的功率必须等于在同一时刻所消耗的功率，即电力系统中的功率在每时每刻都是平衡的。因此，电力系统中生产电能的发电机、传送和分配电能的变压器、输电线路、配电线路和用电设备都是互相紧密联系的，无论哪一个元件损坏（环节故障），都将影响电力系统的正常运行。

(2) 电力系统运行情况是时刻发生变化的。在电力系统中，运行情况发生变化而引起的电磁、机械、电气等几方面变化的过程是十分迅速的。电力系统中的正常操作，如变压器、输电线的投入运行或退出运行，都是在较短的时间里完成的。用户的电力设备，如电动机、电热设备等启用、停止、增减负荷的过程也是很快的。电力系统中出现的故障（如线路故障、发电厂失去并联运行的稳定性）过程也是非常短暂的。因此，不论是在正常情况下因运行情况发生变化而进行的调整和操作，还是发生故障时切除故障的操作，仅仅依靠人工是远远不能达到良好效果的，因此在电力系统中采用了大量的自动装置。

(3) 电能供应与经济建设和人民生活关系密切。在工农业的各部门都广泛地使用电能作为动力的来源，人民生活中也广泛地使用电能，电能供应不足或中断，就会影响到工农业生产，同时也会给人民的生活带来很大的不便，甚至造成严重的后果。因此要求电力系统运行高度可靠，同时还要尽可能地经济。

三、电力系统运行的基本要求

1. 供电可靠性要求高

电力系统运行的第一个基本要求就是要保证不间断地向客户供给电能。但是在实际运行中由于种种原因造成电力系统出现故障，导致供电中断，造成对用电客户供电中断的情况很多：

(1) 电力系统中的元件损坏。如发电机、变压器、输电线的绝缘老化击穿而发生短路。

(2) 自然灾害或误操作。如因雷击、鸟害发生故障或运行中误操作等，这些事故都可能造成局部范围的停电。

(3) 电力系统中各发电厂之间并列运行的稳定性遭到破坏。所谓并列运行的稳定性遭到破坏，就是有的发电机甩掉所带的负荷，有的发电机则因负荷过重而减速旋转，这两种发电机就不能同步并联运行。稳定破坏后，电力系统解列成几个部分，有的部分负荷很重而发电机的容量不够，有的部分发电机容量有富裕，但无法送到别的部分去，造成大面积的停电，这就是大面积停电事故。电力系统中大面积停电事故总是由个别元件的事故而诱发的。所以，要保证对用户供电的可靠性，首先要保证电力系统中各元件（发电机、变压器、线路等）运行的可靠性，需要经常地监视维护，定期检修试验；其次，要提高运行人员的水平，尽量不发生误操作；第三，要做好反事故演习和事故预想，一旦发生了事故，能够妥善处理。

电力用户对供电可靠性的要求也是不一样的。供电中断后有的会造成恶劣的政治影响，有的会影响人身安全，有的会造成严重的经济损失，有的则影响不大。

通常将电力系统中的负荷分为三类：

第一类负荷：如果对这类负荷停止供电，就会带来人身危险、设备损坏，产生大量废品，生产秩序长期不能恢复，给国民经济带来巨大的损失，城市人民生活发生混乱等。

第二类负荷：如果对这类负荷停止供电，就会造成大量减产，工人窝工，城市人民生活受到影响等。

第三类负荷：所有不属于第一、二类负荷的其他负荷，如附属车间、小城市和农村的公用电等。

2. 电能质量要求良好

所谓电能质量是指电力系统中的频率和系统中的各点电压应保持在一定的允许变动的范围之内。频率的变化会严重地影响电力用户的正常工作。频率降低将使电动机的转速降低，降低劳动生产率，甚至严重影响电动机的寿命；频率升高又会使电动机转速上升，增加功率消耗。频率的升高或降低，会使一些对转速要求严格的生产单位增加废品。

3. 电力系统运行的经济性

电力系统的经济性主要反映在降低发电厂的煤耗率（或热耗率、水耗率）、厂用电率、电网的电能损耗率上。在电力系统的基本建设和运行中，为了达到供电的可靠性、电能的良好质量、运行经济等要求，需要进行许多方面的技术经济计算和分析，这些计算和分析主要有：

（1）电能损耗计算。在基本建设中，为了合理地选择导线和电缆的截面，经济地建设电力网络，在电力系统的运行中降低电能损耗，提高运行的经济性，都要进行电能损耗的分析计算。

（2）电压损耗计算。在基本建设和运行中，要计算和分析电力系统中各点的电压情况，采取电压调整的措施，以保证电压质量。

（3）电力系统稳定计算。为了研究在电力系统中发生短路故障或其他运行情况变化时，各发电厂的机组能否稳定并列运行，需要进行电力系统稳定分析计算。

四、电能质量的基本要求

考核电能质量的标准是电压、频率和谐波。

1. 供电电压允许偏差

$$\text{电压偏差} = [(\text{实测电压} - \text{额定电压}) / \text{额定电压}] \times 100\%$$

（1）35kV 及以上供电电压正负偏差的绝对值之和不超过额定电压的 10%。

（2）10kV 及以下供电电压正负偏差的绝对值之和不超过额定电压的 7%。

（3）220kV 单相供电电压正负偏差为额定电压的 7% ~ 10%。

2. 电力系统频率允许偏差

正常频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。

当系统容量较小时，偏差值可以放宽至 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

用户冲击负荷引起的系统频率变动不得超过 $\pm 0.1\text{Hz}$ ，根据冲击负荷性质、大小及系统的条件也可以适当变动限值，但应保证电网、发电机组和用户的安全稳定以及正常供电。

3. 谐波电压、谐波电流及电压波动允许值

谐波电压允许值详见表 1-1，谐波电流允许值详见表 1-2，冲击负荷产生的电压波动允许值详见表 1-3。

表 1-1 谐波电压允许值

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	4.0	3.2	1.6
35	3.0	2.4	1.2
66	3.0	2.4	1.2
110	2.0	1.6	0.8

表 1-2 谐波电流允许值

标称电压 (kV)	基准短路容量 (MVA)	谐波次数及谐波允许电流值（A）															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24	11	12	9.7	
6	100	43	34	21	34	14	24	11	11	8.5	16	7.1	13	6.1	6.8	5.3	
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9	3.7	4.1	3.2	
35	500	16	13	8.1	13	5.4	9.3	4.1	4.3	4.3	5.9	2.7	5	2.3	2.6	2.0	
66	750	12	9.6	6	9.6	4	6.8	3	3.2	3.2	2.4	2	3.7	1.7	1.9	1.5	

表 1-3 冲击负荷产生的电压波动允许值

额定电压（kV）	电压波动允许值（%）
10 及以下	2.5
35 ~ 110	2
220 及以上	1.6

五、电力系统调度管理

电力系统实行统一调度制度，按照设备电压等级不同和变电站在网络中的重要程度，调度部门一般实行分级管理，以保证合理的运行方式、正确的倒闸操作和安全可靠地供电。

调度术语是电力系统倒闸操作过程中下令人与操作人之间共同约定并严格遵守的“专业用语”，十分严密、准确和严肃。

调度指令是由值班调度员对其管辖范围的设备进行状态调整、变更接线方式等所发布的操作指令。调度指令分为三种：时令、逐项令和综合令。任何人员都不得随意改变设备的运行方式。

六、电力系统的并、解列

在电网内，网间联络线掉闸造成某电网与主网解列时，变电站值班人员应将断路器掉闸的时间、继电保护自动装置的动作情况、所在电网的频率等情况，立即报告网调值班调度员，由网调值班调度员负责指挥处理。

在处于环网之内或连接发电厂的变电站都应装设同期并列装置，并列操作时应按调度指令执行。在自动并列装置失灵时，可以进行手动并列。手动并列的条件是：

- (1) 相位相同, 相角差小于 15° 。
- (2) 频率相同, 差值不超过 0.03Hz 。
- (3) 电压相同, $110、220\text{kV}$ 不超过 15% ; 500kV 不超过 5% 。

要将两个电网的电压和频率调整至接近值, 变电站内没有调整的手段, 要靠调度通知发电厂调整并达到规定值。变电站内依靠同期鉴定表监视两个电网的相位是否同步, 在接近同步前 $10^\circ \sim 15^\circ$ 时, 进行合闸操作, 实现并列。

除因故障由继电保护装置将电网解列外, 任何解列操作亦应按照调度指令执行。解列操作按电网最佳运行方式或某种原因确定。并列装置应定期校验, 随时处于完好状态。

变电站的值班人员应了解、掌握并列装置的特性, 要求正值值班员及以上人员都会进行并列操作。

第二节 变电站电气设备

一、变压器

1. 定义

变压器 (如图 1-2 所示) 是一种静止的电气设备, 它是由绕在同一铁心上的几组线圈组成, 利用电磁感应原理, 将交流电压和电流转变为同频率的另一种或几种数值不同的电压和电流, 并能传输能量的电气设备。

2. 作用

- (1) 升高电压, 远距离传送电能。
- (2) 改变电压, 满足各类用户的需要。

3. 一般规定

(1) 用熔断器保护变压器时, 熔断器性能应满足系统短路容量、灵敏度和选择性的要求。

(2) 装有气体继电器的油浸式变压器, 箱壳顶盖无升高坡度者 (制造厂规定不需安装坡度者除外), 安装时应使顶盖沿气体继电器方向有 $1.00\% \sim 1.50\%$ 的升高坡度。

(3) 新安装、大修后的变压器投入运行前, 应在额定电压下做空载全电压冲击合闸试验。加压前应将变压器全部保护投入。新变压器冲击 5 次, 大修后的变压器冲击 3 次。第一次送电后运行 10min , 停电 10min 后再继续第二次冲击合闸。

(4) 三绕组变压器, 高压或中压侧开路运行时, 应将开路运行线圈的中性点接地, 并投入中性点零序保护。任一侧开路运行时, 应投入出口避雷器、中性点避雷器或中性点接地。

(5) 备用变压器应按 DL/T 596—1996《电力设备预防性试验规程》的规定进行预试。

(6) 运行中的变压器遇有下列工作或情况时, 由值班人员向调度申请, 将重瓦斯保护由跳闸位置改投信号位置:



图 1-2 变压器

1) 带电滤油或加油。

2) 变压器油路处理缺陷及更换潜油泵。

3) 为查找油面异常升高的原因须打开有关油阀、放气塞。

4) 气体继电器进行检查试验及在其继电保护回路上进行工作, 或该回路有直流接地故障。

(7) 变压器在受到近区短路冲击后, 宜做低电压短路阻抗测试或用频响法测试绕组变形, 并与原始记录比较, 判断变压器无故障后, 方可投运。

(8) 变压器储油柜油位、套管油位低于下限位置或见不到油位时, 应报告主管部门。

(9) 无励磁调压变压器变换分接开关后, 应检查锁紧装置并测量绕组的直流电阻和变化。

(10) 如制造厂无特殊规定, 变压器压力释放阀宜投信号位置。

(11) 夏季前, 对强油风冷变压器的冷却器进行清扫。

(12) 绝缘油应满足本地区最低气温的要求, 不同牌号的油及不同厂家相同牌号的油在混合使用前, 应做混油试验。

(13) 油浸式变压器最高顶层油温一般不超过表 1-4 的规定 (制造厂有规定的按制造厂规定执行)。

表 1-4

油浸式变压器顶层油温一般规定值

冷却方式	冷却介质最高温度 (°C)	最高顶层油温 (°C)
油浸自冷、油浸风冷	40	95
强油风冷	40	85
强迫油循环水冷	30	70

(14) 有载调压装置。

1) 过负载时禁止调压, 或按制造厂规定执行。

2) 参照制造厂规定和设备状态确定检修周期。

3) 新装或大修后的有载调压开关, 应在变压器空载运行时, 在电压允许的范围内用电动操动机构至少操作一个循环, 各项指示应正确, 电压变动正常, 极限位置的电气闭锁可靠, 方可调至调度指定的位置运行。

4) 变压器并联运行时, 分接头电压应尽量接近, 其调压操作应逐级和同步进行。

(15) 冷却系统。

1) 油浸风冷变压器风扇的投、退应按制造厂的规定执行, 若制造厂无明确规定, 应按负载电流达到额定电流的 70% 以上, 或变压器顶层油温高于 65°C 时应启动变压器风扇的原则掌握。

2) 强油风冷系统必须有两个独立且能自动切换的工作电源, 并能手动或自动切换; 强油风冷系统失电后, 变压器温度不超过规定值的措施应写入《变电站现场运行规程》。

3) 正常运行时, 一般不允许同时投入全部冷却装置, 应逐台依次投入, 避免油流静电现象。冷却装置的投、退应按照制造厂的规定, 写入《变电站现场运行规程》。

二、高压断路器

1. 定义

高压断路器（如图 1-3 所示），是变电站主要的电力控制设备。当系统正常运行时，它能切断和接通线路及各种电气设备的空载和负荷电流；当系统发生故障时，它和继电保护配合，能迅速切除故障电流，以防止扩大事故范围。

2. 作用

(1) 能切断或闭合高压线路的空载电流。

(2) 能切断或闭合高压线路的负荷电流。

(3) 能切断或闭合高压线路的故障电流。

(4) 与继电保护配合，可快速切除故障，保证系统安全运行。

3. 一般规定

(1) 分、合闸指示器应指示清晰、正确。

(2) 断路器应有动作次数计数器，计数器调零时应作累计统计。

(3) 端子箱、机构箱箱内整洁，箱门平整，开启灵活，关闭严密，有防雨、防尘、防潮、防小动物措施。电缆孔洞封堵严密，箱内电气元件标志清晰、正确，螺栓无锈蚀、松动。

(4) 应具备远方和就地操作方式。

(5) 每年对断路器安装地点的母线短路电流与断路器的额定开断电流进行一次校核。断路器允许开断故障次数应写入《变电站现场运行规程》。

(6) 应按制造厂规定投、退驱潮装置和保温装置。

(7) 定期对断路器的端子箱、操作箱、机构箱清扫及通风。

(8) 油断路器应有便于观察的油位指示器和上、下限油位监视线，运行中油面位置符合制造厂规定；其绝缘油牌号应满足本地区最低气温要求。

(9) 新投入或更换灭弧室的真空断路器应检测真空压力，已运行的断路器应配合预防性试验检测真空压力，不合格的应及时更换；安装在电容器室内的真空断路器应采用远方操作；真空断路器允许开断次数按制造厂规定和设备实际情况确定，当触头磨损累计超过厂家规定时，应安排更换。

(10) 定期检查断路器有无漏气点；按规定要求检测 SF_6 气体含水量；装于地下或要依靠通风装置保护空气流通的 SF_6 设备室内，必要时在入口处人身高度位置安装 SF_6 气体泄漏报警器和氧气含量报警器。

(11) 长期处于备用状态的断路器应定期进行分、合操作检查。在低温地区还应采取防寒措施和进行低温下的操作试验。

(12) 对操动机构的要求：

1) 气动操动机构在低温季节采取保温措施，防止控制阀结冰。

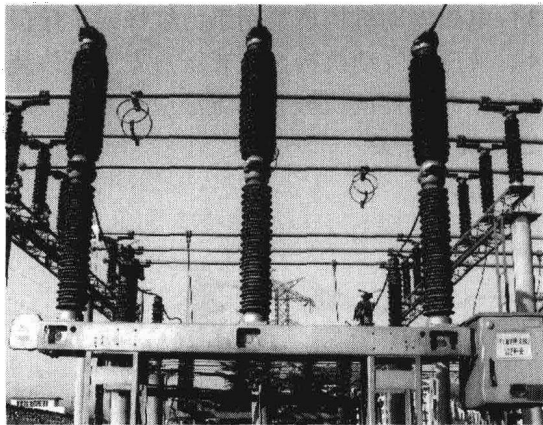


图 1-3 高压断路器