

BIANDIANYUNXING YU GUANLI JISHU

陈家斌 主编

变电运行与管理技术



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

变电运行与 管理技术

陈家斌 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书主要介绍了电力生产和电力系统, 变电运行管理, 变电设备运行原则及维护, 变电运行安全管理, 电气设备倒闸操作, 变电设备异常及事故处理, 电力调度管理等内容。

本书内容系统全面, 实用性和针对性强, 适用于广大的变电运行人员、电力调度人员、电气技术管理人员, 也可供大中专电气专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电运行与管理技术/陈家斌主编. —北京: 中国电力出版社, 2004

ISBN 7-5083-2013-1

I. 变... II. 陈... III. 变电所-电力系统运行-管理 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 007725 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](http://www.cepp.com.cn))

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

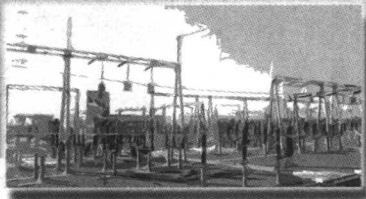
2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 21 印张 556 千字 1 插页

印数 0001—4000 册 定价 39.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



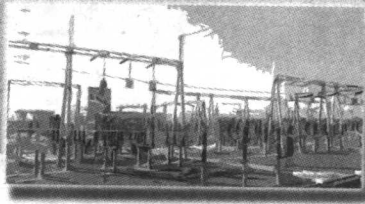
编委会

主 编：陈家斌

副主编：马 雁

编 委：朱秀文	张俊杰	雷 明	崔军朝
赵忠祥	张卫国	曹金陶	周 军
许立新	段志勇	牛新平	魏 华
孟凡中	高 建	景 胜	党剑飞
党艳丽	李 文	毋富安	肖月杰
张露华	张 利	王德华	杨爱萍
赵建宾	殷竣河	王云皓	沈 磊

QAL05/02



前言

随着各行各业的迅速发展和人民生活水平不断提高，电力工业也得到了迅猛的发展。特别是进入新世纪以来，国家加大了城乡电网的建设与改造力度，是电力工业有史以来发展最快，建设变电所最多的时期，为了适应新时期变电运行人员岗位工作和学习培训需要，我们组织一些有实际工作经验的专业技术人员编写了《变电运行与管理技术》一书，这本书的出版必将对变电运行专业的职工提高业务水平起到积极的促进作用。

本书编写的目的：一是使读者在较短的时间里掌握变电运行技术，尽快的胜任本职工作；二是提高变电运行管理技术水平，熟练掌握处理各种电气事故的能力，缩短处理事故的时间；三是确保变电设备安全运行，执行各种规程制度，控制工作中危险点，避免事故的发生。

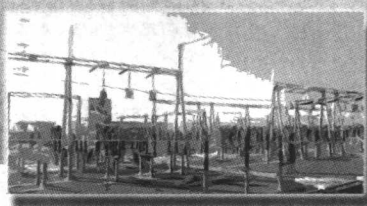
本书编写的特点以岗位实用为主：一是较为系统全面，涵盖了220kV及以下变电所设备运行维护、运行管理、事故处理等方面内容；二是内容简明扼要，简单实用，通俗易懂，查找方便；三是实用性强，全书以实际应用为出发点，结合技术标准、规程和运行人员的应知应会要求编写。

本书编写依据电力行业的技术标准和管理规程、制度。重点突出了变电设备的管理、安全管理及设备异常和事故处理方面的内容。可供广大的变电运行人员岗位工作查找、学习、参考，从而维护和管理好变电设备，缩短处理变电设备故障的时间，提高工作效率，增大本企业和社会效益。

由于编者水平有限，书中可能存在不当或错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

二〇〇三年十二月



目 录

前言

第一章 电力生产和电力系统 (1)

第一节 发电厂和电力系统 (1)

第二节 电力系统额定电压及电能质量 (4)

第三节 电力系统负荷和供电可靠性 (9)

第四节 变电所的分类及电气主接线 (15)

第二章 变电运行管理 (21)

第一节 变电运行管理工作 (21)

第二节 变电设备管理 (33)

第三节 变电运行技术管理 (59)

第四节 变电设备巡视检查 (68)

第五节 变电设备检修许可及验收 (80)

第六节 变电所文明生产管理 (100)

第七节 变电运行工培训教育 (106)

第三章 变电设备运行条件及维护 (113)

第一节 变压器的运行条件 (113)

第二节 变压器的负荷能力 (120)

第三节 变压器的并列运行 (125)

第四节 变压器运行中的维护 (131)

第五节 干式变压器的运行维护 (138)

第六节	变压器分接开关的维护	(142)
第七节	断路器的运行条件	(154)
第八节	SF ₆ 断路器及 GIS 配电装置的运行维护	(158)
第九节	真空断路器的运行维护	(171)
第十节	隔离开关的运行维护	(175)
第十一节	高压配电装置的运行维护	(178)
第十二节	互感器的运行条件及维护	(188)
第十三节	消弧线圈的运行条件及维护	(200)
第十四节	并联电容器的运行条件及维护	(203)
第十五节	防雷设备的要求及运行维护	(210)
第十六节	接地设备的要求及运行维护	(214)
第十七节	绝缘子、套管的要求及运行维护	(221)
第十八节	镉镍蓄电池的运行维护	(226)
第十九节	二次回路的运行条件及维护	(234)
第二十节	继电保护及自动装置的运行条件和维护	(241)
第二十一节	电工仪表的要求及运行维护	(268)

第四章 变电运行安全管理

(280)

第一节	变电运行安全管理工作	(280)
第二节	变电运行工作中的安全组织措施	(282)
第三节	变电运行工作中的安全技术措施	(285)
第四节	电气设备检修试验工作票执行程序	(290)
第五节	变电所的防火防爆工作	(304)
第六节	二次设备维护安全规定	(332)
第七节	变电设备安全性评价	(334)
第八节	变电运行工作中的危险点预控	(343)
第九节	防止电气设备误操作闭锁装置的管理	(350)
第十节	变电所防小动物管理	(352)
第十一节	安全用具的使用与管理	(353)

第五章 电气设备倒闸操作

(363)

第一节	电气设备倒闸操作的任务及要求	(363)
第二节	对电气设备操作人员及设备的要求	(366)

第三节	电气设备倒闸操作的步骤	(370)
第四节	电气设备倒闸操作票的填写	(378)
第五节	几类设备的操作要求	(383)
第六节	新设备投入的操作要求	(394)
第七节	断路器的投停操作要求	(402)
第八节	隔离开关的操作要求	(408)
第九节	变压器的投退要求	(414)
第十节	电压、电流互感器的投退要求	(423)
第十一节	消弧线圈投退要求	(426)
第十二节	电容器的投退要求	(430)

第六章 变电设备异常及事故处理

第一节	变电事故类型及处理原则	(437)
第二节	变电所所用电源中断事故处理	(442)
第三节	变电所母线失压事故处理	(446)
第四节	全所失压事故处理	(452)
第五节	线路保护动作跳闸事故处理	(459)
第六节	小电流接地系统单相接地故障处理	(464)
第七节	误操作事故处理	(472)
第八节	变压器的运行异常处理	(473)
第九节	变压器自动跳闸后的处理	(478)
第十节	变压器气体继电器动作处理	(479)
第十一节	变压器差动保护动作跳闸处理	(495)
第十二节	变压器后备保护动作跳闸处理	(499)
第十三节	变压器冷却系统故障处理	(502)
第十四节	变压器运行中温度过高处理	(507)
第十五节	变压器运行中缺油、喷油故障处理	(509)
第十六节	变压器过负荷处理	(510)
第十七节	变压器的油温、油色、油位不正常处理	(511)
第十八节	变压器着火事故处理	(513)
第十九节	配电变压器运行中熔丝熔断故障处理	(514)
第二十节	变压器输出电压异常处理	(516)
第二十一节	变压器有载调压开关的故障处理	(520)

第二十二节	断路器运行中发热的处理	(528)
第二十三节	断路器合闸失灵处理	(530)
第二十四节	断路器跳闸失灵处理	(535)
第二十五节	断路器误跳闸处理	(540)
第二十六节	SF ₆ 断路器气压降低处理	(545)
第二十七节	隔离开关运行中故障处理	(546)
第二十八节	电压互感器故障处理	(554)
第二十九节	电流互感器故障处理	(567)
第三十节	消弧线圈故障处理	(570)
第三十一节	避雷器故障处理	(575)
第三十二节	电容器故障处理	(576)
第三十三节	二次回路故障处理	(590)
第三十四节	直流系统运行故障处理	(596)
第三十五节	驻军变电所事故处理实例	(611)

第七章 电力系统调度管理 (633)

第一节	电力调度管理任务	(633)
第二节	电力系统频率调整	(642)
第三节	电力系统电压、负荷管理	(647)
第四节	电网运行设备操作管理及事故处理	(649)
第五节	电力系统频率及电压降低事故处理	(650)
第六节	电力系统发生振荡事故处理	(653)
第七节	电力系统出现谐振过电压事故处理	(656)
第八节	电力系统解列事故处理	(658)

第一章



电力生产和电力系统

第一节 发电厂和电力系统

电是发电厂的产品，和其他产品不同，电是发、供、用一瞬间完成，它不易储存。电力生产的主要环节有以下几方面。

一、发电厂

发电厂是把其他形式的能量转变成电能的工厂。根据发电厂利用的能源不同，可以分为以下几类。

(一) 火力发电厂

利用煤、石油、天然气等燃料来发电的称火力发电厂，简称火电厂。火电厂目前仍以煤为主要燃料。为了提高效率，现代的火电厂都把煤块粉碎成煤粉后燃烧。燃料燃烧，将锅炉内的水烧成高温、高压的蒸汽（化学能转变成热能），蒸汽推动汽轮机（热能转变成机械能），使其带动与其联轴的发电机旋转，发出电能（机械能转变成电能）。

若进入汽轮机的蒸汽做功后流入凝汽器凝结成水，则这种火电厂称为凝汽式火电厂。若从汽轮机中抽出部分蒸汽，或者把汽轮机中做过功的全部蒸汽向发电厂附近的工厂和居民供应蒸汽和热水，就称为热电厂。

(二) 水力发电厂

水力发电厂简称水电厂或水电站。一般是在河流中拦河筑坝，提高上游的水位，形成水库，使上下游形成尽可能大的落差，然后，从水库引水，利用水的位能冲动水轮机（势能转换成机械能），并使其带动与其同轴的发电机旋转，来产生电能（将机械能转变成电能）。建在坝后面的水电站，叫做坝后式水

电站。另一种提高水位的方法，是在具有一定落差坡度的弯曲河段上游筑一低坝，拦住河水，然后利用沟渠或隧道，将水直接引至建设在弯曲河段末端的水电站，这种水电站叫做引水式水电站。还有一种水电站是上述两种方式的综合，即由拦河坝和引水渠（或隧道）分别提高一部分水位，这种水电站叫做混合式水电站。

（三）原子能发电厂

它的生产过程与凝汽式火力发电厂相仿，所不同的只是以核反应堆代替了锅炉。原子核在裂变过程中会产生大量的热能（原子能转换成热能），把水加热成蒸汽，蒸汽冲动汽轮机使其带动发电机旋转发电。

此外，还有潮汐发电厂、地热发电厂、风力发电厂、太阳能发电厂等。

二、变电所

发电机的电压一般为 6.3、10.5、13.8、15.75、18kV 等，而用户的电压一般为 380/220V。所以，发电机一般都不直接向用户供电，需用变压器把发电机电压降低后才能供给用户。另外，为了把电能送到较远的用电地区，通常将发电厂发出的电能经升压变压器把电压升高（例如升高到 110、220、500kV 等），然后通过输电线路送到用电地区，再经变电所的变压器把电压逐渐降低后分配使用。所以，变电所的主要任务是变换电压，其次还有集中和分配电能、控制电能的流向和调整电压的任务。

三、输电线

输电线的作用是输送电能，并把发电厂、变电所和用户连接起来构成电力系统。

输电线一般是指 35kV 及以上的电力线路，35kV 以下向用电单位或城乡供电的线路，称为配电线路。

输电线可以是架空裸导线，也可以是电缆，根据具体情况选择使用。输电线路有阻抗，因此电流通过时要引起电能损耗。输送相同的功率，若采用高压输电，电流就可以减小，输电线上的

电能损耗也就减少，故远距离输送强大的电功率时用高压输送。因此，根据不同输送功率和输送距离，宜采用不同等级的电压输电。

根据经济技术比较及多年来的运行经验，总结出各级额定电压与输送功率及输送距离的关系，如表 1-1 所示。

表 1-1 与额定电压等级相适应的输送功率和输送距离

额定电压 (kV)	输送功率 (kW)	输送距离 (km)
3	100 ~ 1000	1 ~ 3
6	100 ~ 1200	4 ~ 15
10	200 ~ 2000	6 ~ 20
35	2000 ~ 10000	20 ~ 50
110	10000 ~ 50000	50 ~ 150
220	100000 ~ 500000	200 ~ 300

四、电力网与电力系统

电力系统是由两个以上的发电厂、变电所、输电线、配电网以及用户所组成的发、供、用的一个整体，其中输电线和相连的变电所部分称为电力网。图 1-1 所示为电力系统与电网关系示意图。

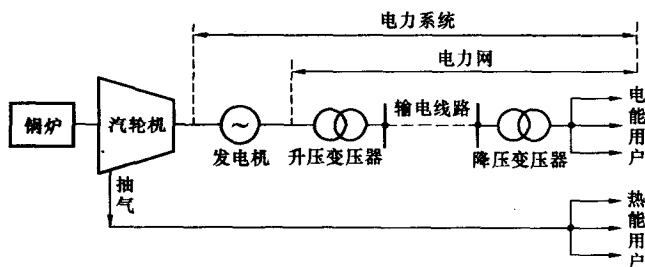


图 1-1 电力系统、电力网关系示意图

电力系统中除发电机和用电设备外的一部分叫做电力网。图 1-2 是一个电力系统示意图。

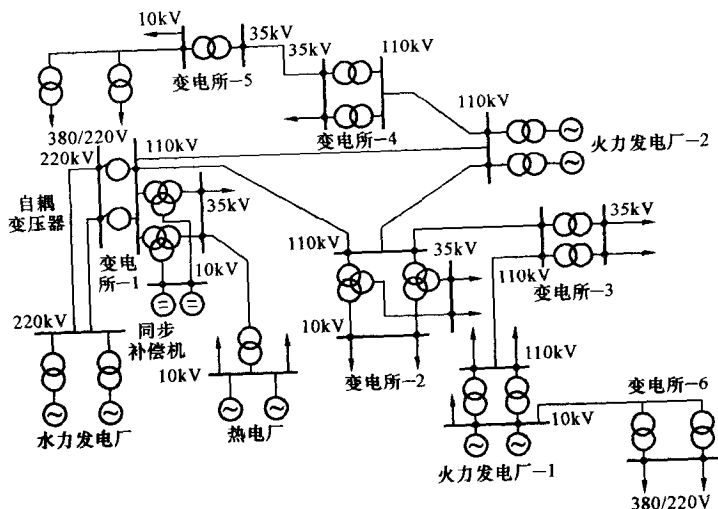


图 1-2 电力系统示意图

第二节 电力系统额定电压及电能质量

一、额定电压

我国规定的交流电力网和电力设备的额定电压如表 1-2 所示。电力线路的正常工作电压应与所接电力设备的额定电压相等。

表 1-2 交流电力网和电力设备的额定电压

电力网和用电设备的额定电压 (V)	交流发电机额定电压 (V)	电力变压器额定电压 (V)	
		一次绕组	二次绕组
220	230	220	230
380	400	380	400
3000	3150	3000 及 3150	3150 及 3300
6000	6300	6000 及 6300	6300 及 6600
10000	10500	10000 及 10500	10500 及 11000
	15750	15750	—

续表

电力网和用电设备的额定电压 (V)	交流发电机额定电压 (V)	电力变压器额定电压 (V)	
		一次绕组	二次绕组
35000	—	35000	38500
60000	—	60000	66000
110000	—	110000	121000
(154000)	—	(154000)	(121000)
220000	—	220000	169000
330000	—	330000	242000
500000	—	500000	363000
			550000

但是,从设备制造和运行管理的角度考虑,为保证设备生产的系列性和运行的安全可靠,不应任意确定线路电压,甚至系统中规定的标准电压等级过多也不利于电力工业的发展。考虑到我国现有的实际情况和进一步的发展,我国国家标准规定的标准化等级(又称额定电压),参见表 1-3。

表 1-3 我国规定的标准电压等级 (kV)

额定电压	3 (6)	10	35	110	220	(330)	500
------	-------	----	----	-----	-----	-------	-----

我国电力系统的输电电压等级,除西北电网为 330/220/110kV 系列外,其他都采用 500/220/110kV 系列。超高压 500kV 系统主要用于大电量长距离输送和跨省联络线,并正在逐步形成跨省互联的骨干网络;超高压 220kV 主要形成大输电网的主干网架;110kV 既用于中、小系统的主干线,也用于大电力系统的二次网络;城市配电网目前主要采用 10kV 电压,但随着城市电力需求的增长,配电网的电压升高,形成 110kV 配电网。这种划分不是绝对的,要根据具体情况,经过论证分析后决定。图 1-3 给出了电力系统电压分层结构示意图。

从表 1-2 可以看出:

(1) 用电设备的额定电压必须与线路的额定电压相等。一般工厂低压配电电压,通常为 380/220V。

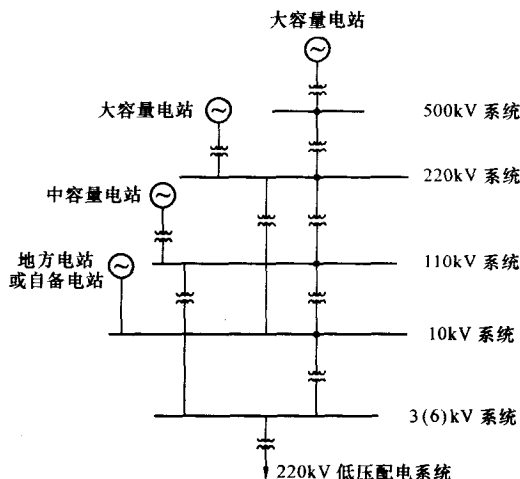


图 1-3 电力系统电压分层结构示意图

(2) 发电机的额定电压高于线路额定电压 5%。

(3) 电力变压器一次绕组的额定电压，有的高于线路额定电压 5%，有的则与线路额定电压相同。升压变压器因直接与发电机相连，这时它的一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同，即高于同级线路额定电压 5%。当变压器不与发电机相连，而是连接在线路上时，这时可把它看成是线路的用电设备。因此，其一次绕组额定电压应与线路额定电压相同。

(4) 电力变压器二次绕组的额定电压，有的高于线路额定电压 10%，有的仅高于线路额定电压 5%。这是因为变压器二次绕组的额定电压是指空载时的电压（一次绕组在额定电压下），而变压器在满载时，它的绕组内有大约 5% 的阻抗电压。因此，如果变压器二次侧的供电线路比较长（如 35kV 以上的高压电网），则变压器二次绕组的额定电压就要比线路额定电压高 10%。其中，一方面要考虑补偿变压器内部 5% 的阻抗压降，另一方面要考虑补偿线路上 5% 的压降。降压变压器二次侧如果供电线路不太长（如为低压电网或直接供电给用电设备），则变压器二次绕

组的额定电压只需高于线路额定电压 5%，仅考虑补偿变压器内部压降。

二、电力系统供电质量标准

由于电能和其他能量之间转换方便，宜于大量生产、集中管理、远距离输送，电能国民经济各部门和人民生活用得越来越广泛，人们对电的需求和依赖程度越来越高，因此，电能质量将直接影响到国民经济各部门和人们的生活。

电力系统向用户供电的质量好坏，一般可以由以下三个指标表示：

(1) 电力连续不断供应的程度。电力连续不断地供应是电力用户的一个最基本的要求。供电的突然中断将使生产停顿，生活混乱，甚至危及设备及人身安全。它给国民经济带来的损失大于电力系统本身的损失。因此，在电力系统运行中应采取必要的措施，保证持续供电。

(2) 电压维持在规定值的程度。

(3) 频率维持在规定值的程度。

具体规定上述指标时，应适当协调用户受益和电力设备投资及电费负担之间的关系，规定一个可以接受的范围。衡量电能质量的三项指标必须保持在这一规定范围之内。

电压、频率和波形是衡量电力系统电能质量的三个重要参数。

(一) 频率标准

大多数国家电力系统的额定频率是 50Hz，频率的允许偏差规定为 $\pm (0.1 \sim 0.5)$ Hz。我国电力系统额定频率是 50Hz，规定的容许偏差是：电网容量在 3×10^6 kW 及以上者，为 ± 0.2 Hz，电网容量在 3×10^6 kW 以下者，为 ± 0.5 Hz。

要求系统频率的偏差值较小，就需随时保持发电厂有功功率和用户有功负荷的平衡。要满足这个条件，电力系统应具有一定的备用容量。

(二) 电压质量