

中国电力教育协会审定



全国电力高职高专“十二五”规划教材
电力技术类（电力工程）专业系列教材

变配电运行与维护

全国电力职业教育教材编审委员会 组编
武文平 刘跃群 主编



配套课件



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国电力教育协会审定



全国电力高职高专“十二五”规划教材

电力技术类（电力工程）专业系列教材

变配电运行与维护

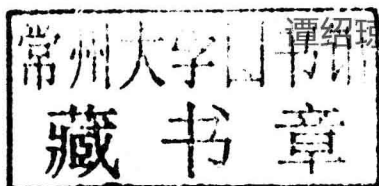
全国电力职业教育教材编审委员会 组 编

武文平 刘跃群 主 编

贺军荪 张建军 李字芹 副主编

张成林 编 写

谭绍球 主 审



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为全国电力高职高专“十二五”规划教材。

本书是一本基于工作过程导向,面向全国职业院校,服务于电力技术类专业和部分自动化专业职业能力培养的综合实训教材。

本书主要内容包括变配电站常规运行,变配电站设备巡视与检查,电气设备倒闸操作,变配电站典型事故分析、处理,变配电站直流系统的异常及事故处理,以及10kV供用电设备运行与维护等技术与拓展知识。本书将变电站和智能变电站的新技术、新设备,以及现场的运行技术和规范要求通过课程实训项目,融入课堂教学的若干学习情境中,紧密结合变电站和配电站的技术工作内容和过程,体现准确性、实用性和先进性的教材编写原则。

本书适合作为高职高专、中职中专院校电力技术类和自动化类相关专业课程教材,也可作为变电站运行、检修、试验人员和相关管理人员岗位技能培训参考书。

图书在版编目(CIP)数据

变配电运行与维护/武文平,刘跃群主编;全国电力职业教育教材编审委员会组编. —北京:中国电力出版社,2014.8

全国电力高职高专“十二五”规划教材. 电力技术类(电气工程)专业系列教材

ISBN 978-7-5123-6172-0

I. ①变… II. ①武…②刘…③全… III. ①变电所-配电系统-电力系统运行-高等职业教育-教材②变电所-配电系统-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第148908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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014年8月第一版 2014年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 14印张 340千字

定价 28.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

全国电力职业教育教材编审委员会

主 任 薛 静

副 主 任 张薛鸿 赵建国 刘广峰 马晓民 杨金桃 王玉清
文海荣 王宏伟 朱 飙 何新洲 李启煌 王宏伟(女)
陶 明 杜中庆 杨建华 周一平

秘 书 长 鞠宇平 潘劲松

副秘书长 李建强 谭绍琼 武 群 黄定明 樊新军

委 员 (按姓氏笔画顺序排序)

丁 力	马敬卫	方舒燕	毛文学	王火平	王玉彬	王亚娟
王 宇	王俊伟	兰向春	冯 涛	任 剑	刘家玲	刘晓春
汤晓青	阮予明	齐 强	余建华	佟 鹏	吴金龙	吴斌兵
宋云希	张小兰	张进平	张惠忠	李建兴	李高明	李道霖
李勤道	陈延枫	屈卫东	罗红星	罗建华	郑亚光	郑晓峰
胡起宙	胡 斌	饶金华	倪志良	郭连英	盛国林	章志刚
黄红荔	黄益华	黄蔚雯	龚在礼	曾旭华	董传敏	解建宝
廖 虎	潘汪杰	操高城	戴启昌			

参 编 院 校

山东电力高等专科学校

山西电力职业技术学院

四川电力职业技术学院

三峡电力职业学院

武汉电力职业技术学院

江西电力职业技术学院

重庆电力高等专科学校

西安电力高等专科学校

保定电力职业技术学院

哈尔滨电力职业技术学院

安徽电气工程职业技术学院

福建电力职业技术学院

郑州电力高等专科学校

长沙电力职业技术学院

电力工程专家组

组 长 解建宝

副 组 长 李启煌 陶 明 王宏伟 杨金桃 周一平

成 员 (按姓氏笔画顺序排序)

王玉彬 王 宇 王俊伟 刘晓春 余建华 吴斌兵

张惠忠 李建兴 李道霖 陈延枫 罗建华 胡 斌

章志刚 黄红荔 黄益华 谭绍琼

出版说明

为深入贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020年)》精神,落实鼓励企业参与职业教育的要求,总结、推广电力类高职高专院校人才培养模式的创新成果,进一步深化“工学结合”的专业建设,推进“行动导向”教学模式改革,不断提高人才培养质量,满足电力发展对高素质技能型人才的需求,促进电力发展方式的转变,在中国电力企业联合会和国家电网公司的倡导下,由中国电力教育协会和中国电力出版社组织全国14所电力高职高专院校,通过统筹规划、分类指导、专题研讨、合作开发的方式,经过两年时间的艰苦工作,编写完成全国电力高职高专“十二五”规划教材。

该套教材分为电力工程、动力工程、实习实训、公共基础课、工科基础课、学生素质教育六大系列。其中,电力工程系列和工科基础课系列教材40余种,主要针对发电厂及电力系统、供用电技术、继电保护及自动化、输配电线路施工与维护等专业,涵盖了电力系统建设、运行、检修、营销以及智能电网等方面内容。教材采用行动导向方式编写,以电力职业教育工学结合和理实一体化教学模式为基础,既体现了高等职业教育的教学规律,又融入电力行业特色,是难得的行动导向式精品教材。

本套教材的设计思路及特点主要体现在以下几方面。

(1) 按照“行动导向、任务驱动、理实一体、突出特色”的原则,以岗位分析为基础,以课程标准为依据,充分体现高等职业教育教学规律,在内容设计上突出能力培养为核心的教学理念,引入国家标准、行业标准和职业规范,科学合理设计任务或项目。

(2) 在内容编排上充分考虑学生认知规律,充分体现“理实一体”的特征,有利于调动学生学习积极性。是实现“教、学、做”一体化教学的适应性教材。

(3) 在编写方式上主要采用任务驱动、行动导向等方式,包括学习情境描述、教学目标、学习任务描述、任务准备、相关知识等环节,目标任务明确,有利于提高学生学习的专业针对性和实用性。

(4) 在编写人员组成上,融合了各电力高职高专院校骨干教师和企业技术人员,充分体现院校合作优势互补,校企合作共同育人的特征,为打造中国电力职业教育精品教材奠定了基础。

本套教材的出版是贯彻落实国家人才队伍建设总体战略,实现高端技能型人才培养的重要举措,是加快高职高专教育教学改革、全面提高高等职业教育教学质量的具体实践,必将对课程教学模式的改革与创新起到积极的推动作用。

本套教材的编写是一项创新性的、探索性的工作,由于编者的时间和经验有限,书中难免有疏漏和不当之处,恳切希望专家、学者和广大读者不吝赐教。

前言

本书是全国电力高职高专“十二五”规划教材。为深入贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020年)》精神,服务职业教育教产结合、校企合作,更好地满足职业教育改革与发展的需要,经过中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审,在电力高职高专院校共同参与下,组织编写了此书,作为电力高等职业教育电力技术类专业教学用书。

本书的安排紧密结合变电站和配电站的技术工作内容和过程,并将其分解为若干个工作任务后进行了循序渐进的阐述。本书编写紧扣“准确性、实用性和先进性”的原则,介绍了基于新标准的数字变电站和智能变电站的新技术、新设备,对现场的运行技术和规范要求也做了详细讲解,结合课程实训设备安排了技能训练项目,并制订了符合现场要求的考核标准供教学使用。

在同类教材的使用中,作者从各地读者中吸取了很多有益的成分。结合多年变电运行工作和培训经验,作者力争将基于高职教育理念的课程教学改革成果体现在教材的编写中,本书的编写即为此项工作的主要内容。本书通过工作过程的训练和实施,达到强化学生对变电运行值班人员运行规范的认识和掌握,以及提高对事故和异常运行的分析判断、处理的能力。本书运行规范中的部分危险点分析进行了着重说明,根据现场实际运行情况列举了一些事故案例,并依次对事故象征、初步判断、具体检查处理和操作过程、恢复系统运行方式及故障处理各方面分析,使学生能够结合实际情况对事故发生后的每一步骤都了解并会运用,提高了其技能训练水平。

参加本书编写的有保定电力职业技术学院武文平副教授(编写学习情境一、二,以及学习情境三的任务一、二),长沙电力职业技术学院刘跃群副教授(编写学习情境四的任务一、二)、张成林讲师(编写学习情境五、学习情境六的任务二),山西电力职业技术学院张建军讲师(编写学习情境四的任务三、四),西安电力高等专科学校贺军荪副教授(编写学习情境三的任务三、四),哈尔滨电力职业技术学院李字芹副教授(编写学习情境三的任务五、学习情境六的任务一)。全书由武文平、刘跃群副教授主编,并对全书进行修改和补充;由山西电力职业技术学院谭绍琼教授主审,并提出了宝贵的修改意见。本书在编写工作中,还得到了保定电力职业技术学院等相关电力高职院校及保定供电公司有关领导的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限及时间仓促,书中错漏在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

出版说明

前言

学习情境一	变配电站常规运行	1
任务一	变配电站运行监控与值班	1
任务二	变配电站安全技术	17
学习情境二	变配电站设备巡视与检查	31
任务一	变配电站设备巡视检查制度	31
任务二	变配电站设备巡视检查项目	39
任务三	变配电站设备异常情况处理	48
学习情境三	电气设备倒闸操作	75
任务一	变配电站断路器和线路的运行操作	75
任务二	变配电站主变压器的运行操作	89
任务三	变电站母线的运行操作	93
任务四	旁路断路器带路倒闸操作	115
任务五	站用交、直流系统运行操作	125
学习情境四	变配电站典型事故分析、处理	138
任务一	变配电站线路的事故分析、处理	139
任务二	变配电站主变压器的事故分析、处理	146
任务三	变电站母线的事故分析、处理	153
任务四	小电流接地系统的运行监控与事故处理	160
学习情境五	变配电站直流系统的异常及事故处理	170
任务一	站用直流电压的消失及处理	171
任务二	直流系统接地的查找及处理	178
学习情境六	10kV 供用电设备运行与维护	189
任务一	10kV 配电设备运行与维护	189
任务二	高压电动机运行与维护	201
参考文献		214

学习情境一

变配电站常规运行

【学习情景描述】

变配电站常规运行学习情境包括变配电站运行监控与值班和变配电站安全技术两个工作任务。通过知识要点介绍、情境练习的方式实施,学习中同步安排了知识拓展内容,帮助学员进一步了解该情境相关内容。

【教学目标】

一、知识目标

- (1) 熟悉变配电站一、二次设备的构成情况、结构、功能与运行要求。
- (2) 熟悉变配电站电气主接线及运行方式。

二、能力目标

- (1) 掌握变配电站设备操作技术,并会正确操作相关设备。
- (2) 熟悉并掌握变配电站各种安全技术及安全设备的使用。

三、素质目标

培养学员通过对设备现象的判断进行设备监控和管理。

【教学环境】

多媒体教室、实训基地。

任务一 变配电站运行监控与值班

【教学目标】

通过本工作任务的学习和训练,使学员熟悉常规和综合自动化变电站一、二次设备的构成情况、结构、功能与运行要求;熟悉变配电站电气主接线及运行方式、变电站的管理要求和监控规程,以及变配电站运行值班管理规章内容;掌握变电站设备操作技术,并会正确操作相关设备。

【任务描述】

本工作任务安排学习常规和综合自动化变电站一、二次设备的构成情况、结构、功能与运行要求;学习变电站电气主接线及运行方式;领会变电站的管理要求和监控规程,学习变电站运行值班管理规章内容。训练变配电站设备操作技术。

🔧 【任务准备】

课前预习相关知识,通过观看实训基地变电站设备的课件、视频,以及仿真软件训练等方式,独立回答下列问题。

- (1) 电流监视有何要求?
- (2) 如何计算母线电量不平衡率?
- (3) 影响电压的因素有哪些?
- (4) 电网中的无功电源有哪几种?
- (5) 电网的调压方式有哪几种?
- (6) 两台并列运行变压器调整分接头时如何调整?

📖 【相关知识】

一、设备运行工况监视的内容

1. 常规变电站的运行监盘

运行监盘是日常运行工作的主要组成部分,通过对主控室控制屏上各种表计、开关位置指示灯和信号光字牌的监视,可随时掌握变电站一、二次设备的运行状态及电网潮流分布情况。运行监盘必须指定经过技术和安全培训,具备变电站值班员技术资格的人员负责,并随时记录变化情况,同时按照运行规程和变电站管理规范向调度值班员进行汇报。

运行监盘包括以下内容:

- (1) 直流系统电压、电流、绝缘。
- (2) 各级母线电压、频率。
- (3) 主变压器有载分接开关位置、油温和各侧电流、有功功率、无功功率。
- (4) 各线路的电压、电流、有功功率、无功功率及潮流方向。
- (5) 主变压器功率因数和电容器投切情况。
- (6) 光字牌亮牌情况。
- (7) 断路器的位置指示灯。
- (8) 预告信号电源指示灯。
- (9) 站用电系统运行方式。

2. 综合自动化变电站的运行监视

综合自动化变电站的运行监视是指以微机监控系统为主、人工为辅的方式,对变电站内的日常信息进行监视,以达到掌握变电站一、二次设备运行状态及电网潮流分布情况,并保证变电站正常运行的目的。

综合自动化变电站的运行监视包括以下内容:

- (1) 监视一次主接线及一次设备的运行情况。
- (2) 检查站内所做的安全措施。
- (3) 监视主变压器的油温、负荷情况。
- (4) 监视主变压器分接开关运行位置。
- (5) 监视保护及自动装置运行情况。
- (6) 监视各级母线电压。
- (7) 监视各线路电流、有功功率及无功功率、潮流方向。

- (8) 检查光字信息变位情况。
- (9) 对事故音响、预告音响进行试验检查。
- (10) 监视本站微机网络（包括与测控装置、保护装置、五防计算机之间的通信）的运行情况。

(11) 检查直流系统的电压、电流及绝缘情况。

(12) 主变压器功率因数和电容器投切情况。

(13) 监视站用电系统运行方式。

(14) 检查告警报文发出及复归情况。

二、设备运行工况监视的要求

1. 电流、功率的监视

(1) 三相电流应平衡，电流表指针无卡涩，微机监控系统数据刷新正常。

(2) 电流不超过允许值。

(3) 母线的进出线电流应平衡。

(4) 功率指示数值应与电流指示相对应。

2. 电压的监视

(1) 三相电压应平衡并满足电压曲线的要求。

(2) 并列运行的母线电压应相等。

(3) 电压表指示应稳定、无波动，微机监控系统数据刷新正常。

3. 电能计量装置的监视

(1) 每日按照规定的时间监视或抄录变电站内安装的各种关口表、馈线电能表的读数，并进行电量核算。

(2) 对于双侧电源线路，运行中线路的潮流方向随时可能发生变化，抄录电能表读数时，要注意输入、输出两个方向的电量均要抄录。

(3) 定期核算母线电量不平衡率，若发现母线电量不平衡率超过规定值〔一般为 $\pm(1\% \sim 2\%)$ 〕，应查明原因。

(4) 当计量回路出现异常（如电压熔断器熔断、电流回路开路等）后，应记录时间，以便根据负荷情况补算电量。

(5) 有带路操作时，应及时抄录旁路断路器的电量。

4. 变电站微机监控系统运行状况的判断

(1) 在监控系统“遥测表”画面下，如果发现某一间隔的所有遥测数据不更新，或者日负荷报表中某一间隔的所有报表数据一直未改动过，应检查网络通信、支持程序及采集装置运行指示是否正常，判断出该间隔的异常原因并进行相应处理。

(2) 如果发现监控系统中所用遥测数据均不再更新，通信状态显示正常，可能是程序死机，应按照规定的顺序退出监控程序，重新登录。

三、电压、无功调整

电压是衡量电能质量的一项主要指标，同时也是标志电力系统安全、经济运行状况的重要指标，而电力系统的电压水平又与无功功率的平衡有关，因此进行电压、无功调整是保证电能质量的重要手段。

(一) 电压、无功调整的目的

1. 电压过高、过低的危害

(1) 电压下降到额定电压的 $65\% \sim 70\%$ 时, 无功静态稳定破坏, 引发电压崩溃, 造成大面积停电事故。

(2) 线路、变压器受额定电流的限制, 其传输能力近似与运行电压成正比, 所以输变电设备会因电压降低而减少输送能力。

(3) 运行电压降低, 会使输变电设备电流增大、功率因数下降而增加损耗。

(4) 电压降低后, 电动机机械转矩下降, 电流增大, 电动机温度升高, 因而可能烧毁电动机。

(5) 电压降低, 会引起照明灯功率下降, 不仅照度降低, 而且会缩短其寿命, 一些利用放电现象发光的照明灯 (如荧光灯、高压钠灯) 还可能会熄灭。

(6) 电压过高时, 设备所承受的电压会高于其额定值, 使绝缘承受过高电压, 加速老化, 影响寿命。

2. 影响电压的因素

系统电压是由系统潮流分布决定的, 影响电压的主要因素如下:

(1) 负荷的变化。

(2) 无功补偿容量的变化。

(3) 运行方式改变引起的功率分布和网络阻抗的变化。

3. 电压、无功的关系

电网运行电压水平既与无功功率平衡有关, 又与电网结构、调压能力有关。无功功率平衡是指在系统运行的每一时刻, 无功电源所发出的无功功率要等于负荷所消耗的无功功率和网络的无功损耗之和。

当系统发出和消耗的无功功率不平衡时, 电压就会偏离额定值, 而电压的变化又反过来影响负荷的无功功率和网络的无功损耗。系统电压和无功功率相互关联、相互影响, 电压、无功的调整密不可分。

4. 提高功率因数的意义

(1) 线路及变压器上的电压降减小, 增加输送能力并提高电压质量。

(2) 总电流减小, 使线路与变压器中的有功损耗随之减小。

(3) 视在功率减小, 可以使电网中的各元件的容量减小, 从而降低电网的投资。

(二) 系统电压、无功调整

1. 不同无功电源的应用比较

(1) 同步发电机。它是电网中最基本的无功电源。一般可通过改变转子回路的励磁电流来实现对发电机输出无功功率的平滑调整。

(2) 并联电容器。它是应用最广泛的无功补偿设备, 通过在负荷侧安装并联电容器提高负荷功率因数, 以减少输电线路上的无功功率来达到调压目的。但电容器只能发出无功功率, 提高电压; 只能根据负荷变化分组投切, 调压是阶梯形的。同时, 当母线电压降低时, 并联电容器输出的无功功率将减少。

(3) 并联电抗器。它是吸收无功功率的设备, 可用来解决超高压长距离线路充电功率过剩问题, 广泛应用在超高压电网中。

(4) 同步调相机。它是一种专门设计的无功电源,是不带机械负载的同步电动机。它既能发出无功,也能吸收无功,但由于投资大、维护复杂、费用高,正逐渐被淘汰。

(5) 静止补偿器。它由并联电容器、电抗器及检测与控制系统组成。它调压速度快,并能抑制电网过电压、功率振荡和电压突变,吸收谐波,改善不平衡度,目前已广泛应用在电网中,并作为无功调节的重要技术措施。

2. 无功补偿设备配置原则

无功补偿设备配置按照分层分区和就地平衡的原则考虑。分层是指尽量保持不同等级电压间的无功功率平衡,减少各电压层间的无功功率传递;分区是指在供电电网中,实现无功功率分区和就地平衡。

变电站的电容器安装容量,一般可按变压器容量的 $10\%\sim 30\%$ 确定。总容量确定后,通常将电容器分组安装,主要分组原则是根据电压波动、负荷变化、谐波含量等来确定。

3. 电网的调压方法

电网电压不像频率一样全网相同,而是每个节点的电压各不相同,因此电压的调整,应根据电网的具体要求,在不同的节点采取不同的方法,具体方法如下:

(1) 增减无功功率进行调压,如发电机、静止补偿器、并联电容器、并联电抗器。

(2) 改变有功和无功的分布进行调压,如改变变压器分接头调压。

(3) 改变网络参数进行调压,如加大电力网的导线截面、在线路中装设串联电容器、利用可调电抗、改变电网接线等。

(4) 特殊情况下也可采用调整用电负荷或采取限电的方法对电网电压进行调整。

4. 电网的调压方式

电力用户成千上万,不可能对每一用户电压都监测,因此要选择一些可反映电压水平的主要负荷供应点及某些具有代表性的发电厂、变电站的电压进行监视和调整。一般把监测电网电压值和考核电压质量的节点称为电压监测点,把电网中重要的电压监控点称为电压中枢点。

监视和控制电压中枢点的电压偏移不超出规定范围是电网电压调整的关键。电网调压方式分为逆调压、顺调压、恒调压三种。

(1) 逆调压。大负荷时将中枢点的电压升高至比线路额定电压高 5% ,小负荷时则将中枢点电压降低至线路的额定电压。这种方式适用于中枢点至各负荷点的线路较长,且各点负荷变化较大,变化规律也大致相同的情况。

(2) 顺调压。大负荷时允许中枢点电压低一些(但不得低于线路额定电压的 102.5%),小负荷时允许中枢点电压高一些(但不得高于线路额定电压的 107.5%)。这种方式适用于负荷变动甚小,线路电压损耗小,或用户允许电压偏移较大的情况。

(3) 恒调压。中枢点的电压保持在线路额定电压的 $102\%\sim 105\%$,不必随负荷变化来调整。这种方式适用于负荷变动较小,线路上的电压损耗也较小的情况。

目前普遍采用逆调压方式,它可以确保负荷点的电压有较高质量,并能提高电网运行的经济性。高峰负荷时,线路、变压器上的电压损耗会因负荷电流的增加而增加,则负荷点的电压会降低;低谷负荷时,线路、变压器上的电压损耗减小,负荷点的电压会偏高。逆调压方式在高峰负荷时升高中枢点电压,低谷负荷时降低中枢点电压,与负荷点电压的变化反方向调整,从而保证负荷点的电压质量。

(三) 变电站电压、无功调整

1. 变电站电压、无功调整要求

(1) 加强并联电容器组的运行检查及维护,发现缺陷及时处理,保证有足够的无功补偿容量。

(2) 应严格按照调度值班员下达的电压曲线及功率因数执行。

(3) 投切电容器及调整主变压器分接头的操作原则:当 220kV 以下电网电压接近下限时,应先投入电容器组,后升高主变压器分接头;当电压接近上限时,应先降低主变压器分接头,后退出电容器组,但不得向系统倒送无功。若考虑到变压器有载调压分接头频繁调整对设备安全不利,当电压过高时,在保证功率因数合格的前提下,可先退出电容器组,后降低主变压器分接头。

(4) 母线停电时,电容器组应退出运行;母线送电后,再根据母线电压和功率因数,确定是否投入电容器。

(5) 调整主变压器分接头时,每次只能调整一个分接头。两台有载调压变压器并列运行时,调整分接头应交替进行。调整过程中注意监视电压、无功功率、分接头位置指示的相应变化。

(6) 220kV 主变压器分接头每天允许调整次数一般不超过 10 次,这个次数是根据一个检修周期允许的调整次数和检修周期得出的估算值。对于装有带电滤油装置的有载分接开关,每天的动作次数可以放宽。

(7) 在下列情况下不能进行主变压器分接头的调整。

- 1) 主变压器过负荷运行。
- 2) 主变压器调压次数超过规定。
- 3) 有载调压装置的油标中看不到油位。
- 4) 有载调压轻瓦斯频繁动作。
- 5) 有载调压装置异常。

2. 变电站电压、无功调整原则

(1) 变压器运行分接头位置应按保证变电站的电压偏差不超过允许值,并在充分发挥无功补偿设备的经济效益和降低线损的原则下,优化确定。

(2) 应清楚每组电容器的容量,熟悉投切一组电容器后的电压变化量,观察调整一个主变压器分接头后电压和无功的变化情况。在进行调整时,可根据运行电压与电压曲线的差距及实际的功率因数合理选择调整方法,避免来回重复调整。

(3) 投切电容器组时应使各组电容器的投入率及操作次数尽量平衡。

(4) 对采用混装电抗器的电容器组应先投电抗率大的,后投电抗率小的,切除时与之相反。这样是为了更好地发挥电抗器抑制谐波的作用。

(5) 两台变压器并列运行,调整分接头时,升压操作,应先操作负荷电流相对较小(阻抗较大)的一台,再操作负荷电流相对较大(阻抗较小)的一台,防止过大的环流。因为升压操作实际上是减少高压绕组的匝数,降低变比,从而使低压侧电压升高;而匝数减少后,阻抗会降低,先调阻抗大的变压器,就会使两台变压器阻抗值更接近,这样环流也会较小。降压操作时与此相反。操作完毕,应再次检查并联的两台变压器的电流大小与分配情况。

3. 电压无功控制装置 (VQC) 的调整规则

电压无功控制装置按照设定好的调整规则进行电压、无功调整,如图 1-1 所示。电压和无功处于第 9 区域时正常,在其他区域时电压和功率因数偏离了正常范围,电压无功控制装置进行调节。

(1) 第 1 区域。电压与功率因数都低于下限,优先投入电容器,如电压仍低于下限,再调节分接开关升压。

(2) 第 2 区域。电压低于下限,功率因数正常,先调节分接开关升压,如分接开关已无法调节,则投入电容器。

(3) 第 3 区域。电压低于下限,功率因数高于上限,先调节分接开关升压直到电压正常,如功率因数仍高于图 1-1 电压无功控制装置的九区图,再切电容器。

(4) 第 4 区域。电压正常而功率因数低于下限,投入电容器直到功率因数正常。

(5) 第 5 区域。电压正常而功率因数高于上限,切除电容器直到正常。

(6) 第 6 区域。电压高于上限而功率因数低于下限,应调节分接开关降压,直到电压正常,如功率因数仍低于下限,再投电容器。

(7) 第 7 区域。电压高于上限,功率因数正常,先调节分接开关降压,如分接开关已无法调节而电压仍高于上限,则切电容器。

(8) 第 8 区域。电压与功率因数都高于上限,优先切电容器,如电压仍高于上限,再调节分接开关降压。

4. 静止补偿装置 (SVC)

静止补偿装置除了一般的无功补偿、电压调整作用,还能解决大型轧钢机、电弧炉冲击负荷引起的电压闪变问题,能够平衡随时间变化的非对称负荷。

静止补偿装置由并联电容器、电抗器及检测与控制系统组成,具有多种组合形式,可根据需要进行选择。

四、设备运行工况分析

1. 电流、功率指示不正常的分析

(1) 三相电流表指示不一致,检查表计是否卡涩,是否有冲击性不对称负荷(如电气化铁路等),还可以与保护装置上的电流指示进行比较,来判断是负荷不对称还是二次回路异常引起的三相电流不一致。

(2) 一相电流表指示为零,应检查电流互感器二次回路有无开路、短路,必要时可用钳形电流表测量二次有无电流,若有电流,则可能是电流表指针卡涩或线圈烧毁短路。

(3) 母线流入流出电流不平衡,而各分支电流三相平衡,应根据实际情况进行分析。例如有设备刚经过检修,可能是电流互感器接线错误,造成实际变比和电流表刻度的变比不一致,使得表计电流不能真实反映一次设备实际电流。对于综自站还应检查监控系统程序中设定的变比与实际变比是否一致。

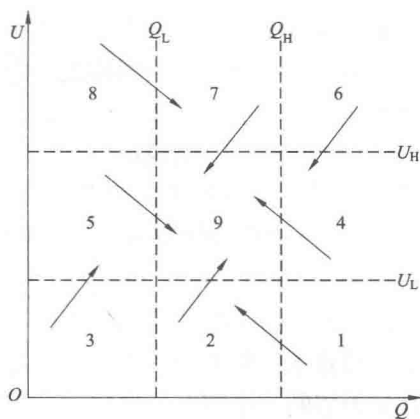


图 1-1 电压无功控制装置的九区图

(4) 功率表指示与电流指示应满足 $S=\sqrt{3}UI$, 而 $S=\sqrt{P^2+Q^2}$ 如功率表指示明显偏低时, 应首先检查三相电流是否正常, 再检查电压回路熔断器是否熔断, 必要时可用钳形电流表和万用表分别测量接入功率表的电流电压是否正常, 如果均正常, 则属于表计故障。

2. 电压指示不正常的分析

电压指示有明显不正常, 三相不平衡, 偏高或偏低时, 应查明原因。造成电压指示不正常的原因除了表计、二次回路的问题, 还有可能是电压互感器内部元件损坏引起的, 及时发现处理能避免事故的发生。另外, 当由于电压互感器一、二次回路原因引起电压偏低时, 计量表计会少计电量, 造成电费损失。

3. 电能表指示不正常的分析

(1) 电子式电能表无显示时, 应检查电压是否正常, 若正常则是表计本身故障, 报专业人员处理。

(2) 核算母线电量不平衡率超过规定时, 应根据各回路的电流、电压、有功功率和无功功率, 核算本回路有功、无功电量是否正确, 从而找出存在异常的电能表。检查电压回路熔断器是否熔断, 电流互感器二次是否开路或短路, 若是二次回路引起的异常, 能处理的要立即处理, 若是表计本身问题, 则应报专业人员处理。

(3) 电压回路熔断器熔断时的电量补计。

1) 三相熔断器熔断, 根据电流指示和熔断器熔断时间计算, $W=\sqrt{3}UI\cos\varphi t$ 。

2) 三元件式电能表单相熔断器熔断, 电量少计算了 1/3, 将熔断器熔断期间电能表的读数加上 50% 即可。

3) 两元件式电能表 V 相熔断器熔断, 电量少计算了 1/2, 将熔断器熔断期间电能表的读数乘以 2 即可; U 相或 W 相熔断器熔断, 电量少计算了 1/3, 将熔断器熔断期间电能表的读数加上 50% 即可。

4. 断路器位置的监视

常规站通过控制屏红、绿灯指示监视断路器的分、合闸位置, 运行中红、绿灯指示不正常, 应分析其原因。若红、绿灯均不亮, 应检查控制电源是否正常, 断路器本体或机构是否压力闭锁, 灯具本身是否损坏; 若红、绿灯同时亮, 应检查有无直流接地信号, 检查电流值和断路器实际位置; 若红灯或绿灯闪光, 不能简单地判断为断路器发生变位, 而应结合电流指示, 有无保护告警信息综合判断。

五、案例分析

1. 电流互感器二次开路造成电流互感器烧毁

(1) 现象。某站值班员投入 521 电容器后, 发现 V 相电流表无指示, U、W 相电流指示正常, 无功功率表指示正常, 断路器红、绿灯指示正常。

(2) 处理过程。因以前发生过表计卡涩情况, 所以该值班员即认为是 V 相电流表指针卡涩, 未做处理, 直接报“521V 相电流表卡涩”缺陷。交接班时, 接班人员认为应该查清原因, 试图用钳形电流表测试 V 相电流, 但由于端子排和电流表后的接线比较紧凑, 无法使用钳形电流表。后去现场检查开关柜上就地电流表 (该表接于 V 相), 发现该表也指示为零, 于是通知控制室拉开 521 电容器开关, 重新报缺陷。检修专业人员停电检查发现开关柜就地电流表内有放电痕迹, 线圈烧断, 同时 V 相电流互感器烧坏。

(3) 分析。就地电流表接头接触不良, 打火放电, 使电流表线圈烧断, 造成电流互感器

二次开路。由于未正确判断故障性质,使得电流互感器长时间开路运行,且电容器电流较大,最终造成电流互感器过热损坏。

(4) 经验。利用监控设备确保三相电流平衡,发现不平衡应进行分析,通过多种方式查明原因,不能单纯靠经验简单判断。

2. 电流互感器变比错误

(1) 现象。某站值班员抄表时发现一条母线流入和流出的电流不平衡,仔细检查发现其中一条线路电流比平时偏小。

(2) 处理过程。值班员检查表计无卡涩,询问该线路对侧变电站线路电流情况,发现本侧电流指示只有对侧的一半,因为该间隔刚进行过检修工作,怀疑电流回路接线错误,上报缺陷。检修人员检查发现,该线路电流互感器测量用二次绕组抽头错误,应该使用 S1 - S2 端子,实际使用 S1 - S3 端子,使电流变比增大一倍,二次电流减少一半,按照正常变比刻度的电流表读数就减小了一半。

(3) 经验。

1) 检修后的验收工作要加强,对拆动的二次接线应进行检查,防止漏接头。若电流、电压二次回路进行了拆接线工作,应要求检修人员带负荷后检查电流、电压的大小、相位是否正确。

2) 有些设备检修完送电后不会马上带负荷,要等相关变电站配合操作完成,才会有电流,对这种情况值班人员应在设备带负荷后进行专门的检查,包括三相电流是否平衡、数值是否正常、保护装置显示是否正常、一次设备接头有无接触不良等情况。

3. 电容器开关单相未断开

(1) 现象。某站在操作拉开一组电容器开关后,该开关红灯灭,绿灯亮,三相电流表回零,该电容器组所接主变压器发“主变压器后备保护装置故障或异常报警”光字牌,保护装置显示主变压器低压侧零序电压动作。测量 10kV 二次电压,各线电压均正常,各相电压分别为 U 相 71V、V 相 46V、W 相 67V。TV 二次开口三角处有 10V 左右的电压,达到主变压器低压侧零序电压报警定值。

(2) 处理过程。由于此现象是在拉开电容器组开关后出现的,怀疑是该组电容器回路存在问题。检查确认开关机械指示为分位,通过观察窗检查柜内设备,怀疑是开关一相销子脱落,对其验电,证实开关 V 相未断开,于是向调度值班员申请拉开主变压器 10kV 侧断路器后,拉开该电容器开关两侧隔离开关,再恢复主变压器断路器运行。对电容器开关进行检修,发现该开关 V 相确实由于销子脱落未断开。

(3) 分析。发生故障的电容器组为星形接线,中性点不接地。在 U、W 相开关断开,而 V 相开关未断开的情况下,由于电容器中性点不接地,虽然 V 相接通电源,但无法形成闭合回路,各电容器只是与 V 相母线悬空连接,对地存在电位,而没有电流,所以三相电流表均指示为零。同时,由于 V 相母线经过开关带着一段电容器电缆及一组电容器,如图 1-2 所示(虚线内为 V 相所带设备),改变了 V 相母线的对地电

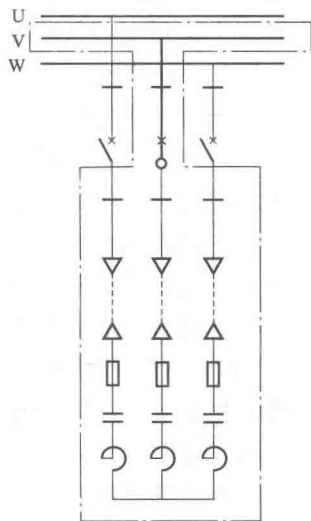


图 1-2 一相关未断开的电容器组接线图