



中国
电力企业
联合会
CHINA
ELECTRICITY
COUNCIL

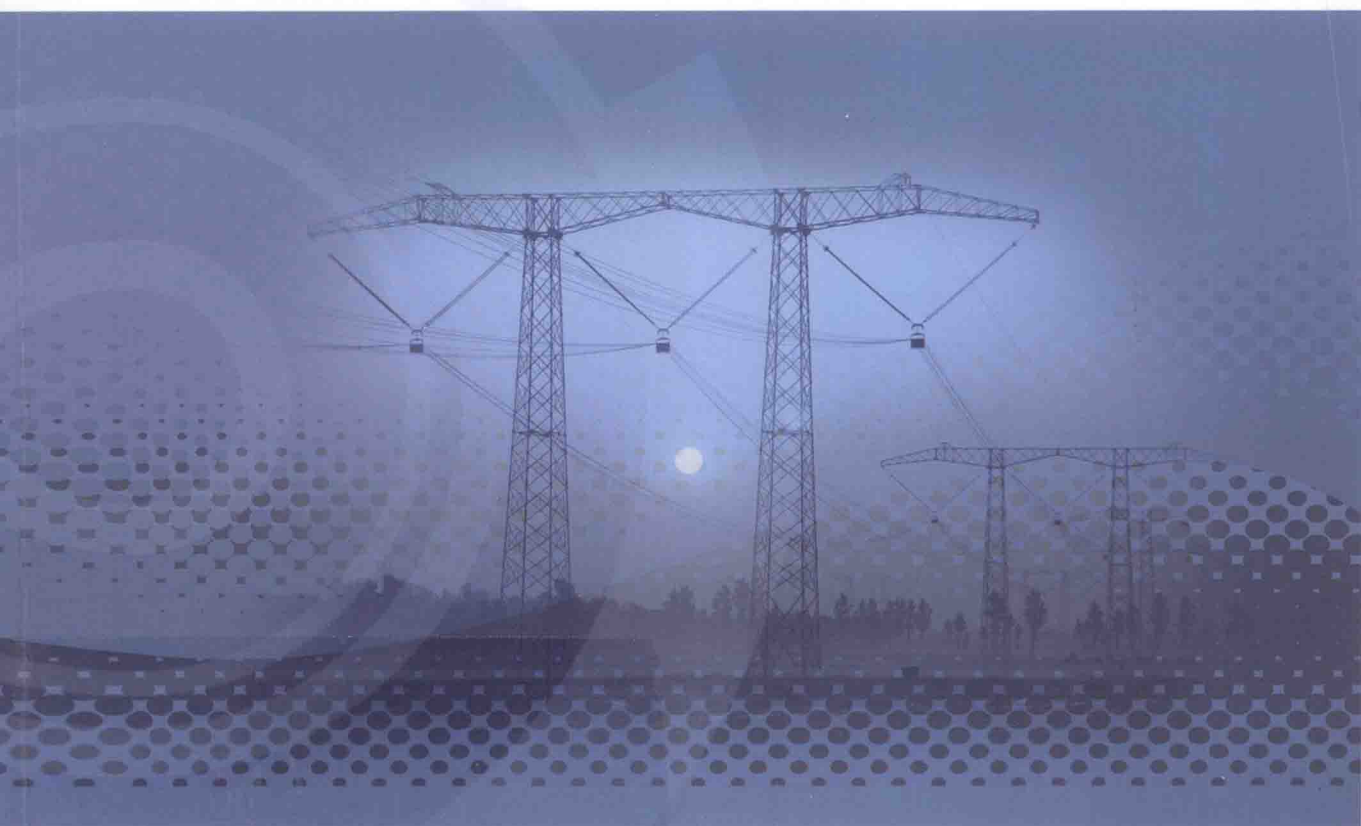
电力工程造价专业
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

电网工程 变电站安装

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站
电力建设技术经济咨询中心

编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国电力企业联合会
CHINA ELECTRICITY
COUNCIL

电力工程造价
资格认证考试指定用书

电力工程造价执业教育丛书

电网工程 变电站安装

中国电力企业联合会 电力工程造价与定额管理总站 编
电力建设技术经济咨询中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力工程造价执业教育丛书》是根据电力工程造价职业岗位技能知识结构编写而成。

本书以工程造价知识、电力专业知识为基础,结合电力建设工程费用计算标准、定额及工程量清单计价规范的要求,力求系统完整,通俗易懂,使电力工程造价人员能识图、懂工艺、会预算、知管理。

本册为《电网工程·变电站安装》,全书共分五章。第一章主要介绍变电站的基本概念及电气系统的构成与作用;第二章主要介绍变电站中常用电气设备与电气材料的基础知识;第三章主要介绍电气设计工作各阶段主要工作内容与要求、电气工程图纸的识读;第四章主要介绍电气设备安装中常用施工机具、施工组织与措施、主要设备材料安装与调试的内容;第五章主要介绍电气设备检修概念、主要电气设备检修工作内容,技术改造的概念与特征。

本书作为电力工程造价专业资格认证考试指定用书,同时作为电力工程建设、设计、施工、监理、咨询等单位的技术经济人员岗位技能学习、继续教育用书,还可作为高等院校工程与经济类专业师生的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电网工程. 变电站安装/中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站,中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心编. —北京:中国电力出版社,2012.3

(电力工程造价执业教育丛书)

ISBN 978-7-5123-2731-3

I. ①电… II. ①中… ②中… III. ①电力工程—安装—工程造价—中国—教材②变电站—电力工程—工程造价—中国—教材 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 027589 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 3 月第一版 2013 年 4 月北京第三次印刷

889 毫米×1194 毫米 16 开本 10.625 印张 301 千字 1 插图

印数 6001—9000 册 定价 55.00 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

前 言

为贯彻实施国家人才强国战略，培养电力工程造价管理领域高技能专业人才，规范电力工程造价从业人员专业资格认证工作，提高培训教材编制的实效性和系统性，促进职业培训工作的健康有序发展，中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心组织编写了《电力工程造价执业教育丛书》（简称本丛书）。

本丛书涵盖了电力工程概论、电力工程造价基础知识、火力发电工程、核电工程、新能源工程、电网工程、通信工程七大领域，其中，火力发电工程包括建筑、机务与电气三册，电网工程包括建筑、变电站安装、换流站安装、架空输电线路、电缆输电线路和配电网六册。各专业册教材采用模块化设计，包含了专业基础知识、设备与材料、设计、施工、检修与技术改造等内容。

本丛书编制工作于2011年1月启动，组建了编委会、专家组和编写组，来自电力建设、设计、施工、咨询、高校等领域和单位的数十名专家参与了教材的研究策划和撰稿工作，经过各方密切配合，多方征求意见，反复修改完善，前后历时一年多，终定其稿。本丛书在充分汲取以往教材优点的基础上，密切结合电力工程造价管理工作的特点和发展趋势，系统介绍了工程造价基础理论和专业技能。本丛书不仅是电力工程造价从业人员上岗资格认证的考试教材，也可为电力行业从事工程造价工作的管理和技术人员以及高等院校师生提供工作和学习参考。

本丛书在编写过程中得到了国家电网公司、中国南方电网有限责任公司、中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国广东核电集团有限公司和华北电力大学等单位领导的大力支持，在此表示衷心感谢！同时，对为教材编制提供素材和参与审查的所有人员表示诚挚谢意！

本丛书在编写过程中尽管各方面给予了大力支持和关注，编写组亦十分认真努力，但由于编制人员在理论与实践结合、各专业领域沟通协作等方面仍存在认识不足之处，且电力工程造价从业人员所需专业知识深度需要经过反复摸索才能确切把握，因此，疏漏和不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

中国电力企业联合会电力工程造价与定额管理总站
中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心

2012年3月

目 录

序
前言

第一章 基础知识	1	第四章 施工	85
第一节 概述	1	第一节 施工机具	85
第二节 变电站电气系统	2	第二节 施工组织	91
第二章 设备材料	7	第三节 施工工艺	98
第一节 设备	7	第四节 施工措施	113
第二节 材料	32	第五节 调试	119
第三章 设计	47	第五章 检修与技术改造	146
第一节 设计概述	47	第一节 检修	146
第二节 识图	63	第二节 技术改造	159

基础知识

知识目标

1. 明确变电站电气系统的基本内容;
2. 了解变电站的作用、构成与分类;
3. 掌握变电站电气系统的划分及各系统的主要内容。

教学重难点

1. 重点: 变电站电气各系统的主要内容。

教学内容与学时建议

1. 变电站概述, 0.5 学时;
2. 变电站电气系统, 1.5 学时。

本章主要介绍变电站的基本概念与变电站各电气系统的构成与作用。

第一节 概 述

电网中升降电压的工作是依靠变电站来完成。其包含的设施主要是起变换电压作用的变压器设备, 除此之外, 变电站的设施还有开闭电路的开关设备, 汇集电流的母线, 计量和控制用的互感器, 仪表、继电保护装置, 防雷保护装置和调度通信装置等, 有的变电站还有无功补偿设备。

一、变电站作用

变电站在电力系统中起着变换电压、接受和分配电能作用, 通过变压器将各级电压的电网联系起来。变电站作用如图 1-1 所示。

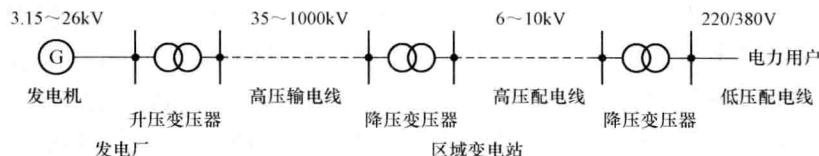


图 1-1 变电站作用示意图

二、变电站分类

1. 按照变电站在电力系统中的地位和作用划分

(1) 系统枢纽变电站。枢纽变电站位于电力系统的枢纽点, 电压等级一般为 220kV 以上, 汇集多个电源和联络线或连接不同电力系统, 进出线回路多, 变电容量大。枢纽变电站对电力系统运行的稳定和

可靠性起到重要作用。

(2) 区域变电站。区域变电站位于系统主干环行线路或系统主要干线的接口处, 汇集 2~3 个电源和若干线路。

(3) 终端变电站。终端变电站在输电线路终端, 接近负荷点, 经降压后直接向用户供电, 电压等级一般在 110kV 以下。

2. 按照变电站安装位置划分

(1) 户外变电站。户外变电站除控制、直流电源等设备放在户内外, 变压器、断路器、隔离开关等主要设备均布置在户外。这种变电站建筑面积小, 建设费用低, 电压较高的变电站一般采用户外布置。

(2) 户内变电站。户内变电站的主要设备均放在户内, 减少了总占地面积, 但建筑费用较高, 适宜市区居民密集地区, 或位于海岸、盐湖、化工厂及其他空气污秽等级较高的地区。

(3) 地下变电站。在人口和工业高度集中的大城市, 由于城市用电量大、建筑物密集, 将变电站设置在城市大建筑物、道路、公园的地下, 可以减少占地。随着城市电网改造的发展, 位于城区的变电站乃至大型枢纽变电站将更多的采取地下变电站。这种变电站多数为无人值班变电站。

(4) 箱式变电站。箱式变电站又称预装式变电站, 是将变压器、高压开关、低压电器设备及其相互的连接和辅助设备紧凑组合, 按主接线和元器件不同, 以一定方式集中布置在一个或几个密闭的箱壳内。箱式变电站是由工厂设计和制造的, 结构紧凑、占地少、可靠性高、安装方便, 现在广泛应用于居民小区和公园等场所。

箱式变电站一般容量不大, 电压等级一般为 3~35kV, 随着电网的发展和要求的提高, 电压范围不断扩大, 现已经制造出了 132kV 的箱式变电站。

箱式变电站按装设位置的不同又可分为户外和户内两种类型。

(5) 移动变电站。将变电设备安装在车辆上, 以供临时或短期用电场所需要的变电设施。

三、开关站

开关站是将高压电力分别向周围的几个受电单位(变电站)供电的电力设施, 在电网中起着分配电能的作用。一般开关站有开关设备, 通常还包括母线, 但没有电力变压器。

第二节 变电站电气系统

电气系统是变电站的主要生产系统, 专业上一般将变电站电气系统划分为以下 7 个扩大单位工程。

一、主变压器系统

变电站主变压器系统是整个变电站的枢纽。主变压器是将不同电压等级的线路连接在一起的设备, 具有变换电压电流和分配电能的作用。

变压器又分为升压变压器和降压变压器。例如, 要把发电厂发出的电能送入输变电系统, 就需要在发电厂安装变压器, 该变压器输入端(又称一次侧)的电压和发电机电压相同, 变压器输出端(又称二次侧)的电压和该输变电系统的电压相同, 这种输出电压比输入电压高的变压器即为升压变压器。当电能送到电力用户后, 还需要很多变压器把输变电系统的高电压逐级降到电力用户侧的 220V(相电压)或 380V(线电压), 这种输出端电压比输入端电压低的变压器即为降压变压器。除了升压变压器和降压变压器外, 还有联络变压器、隔离变压器和调压变压器等。例如, 几个邻近的电网尽管平时没多少电能交换, 但有时还是需要它们之间能够建立起一定的联系, 以便在特定的情况下互送电能、相互支援。这种起联络作用的变压器称为联络变压器。此外, 两个电压相同的电网也常通过变压器再连接, 以减少一个电网的事故对另一个电网的影响, 这种变压器称为隔离变压器。

二、配电装置

变电站的配电装置是根据电气主接线的连接方式,由母线、开关设备、保护电器、测量仪表和其他附件等组成,起到汇集和分配电能作用的装置总称。一个变电站通常有两个或三个不同电压等级的配电装置。

变电站配电设备布置及装置应贯彻节约用地、运行安全、便于维护检修、操作巡视方便,便于安装和降低工程造价的原则。

配电装置按安装地点可分为屋内与屋外配电装置。

(一) 屋内配电装置

屋内配电装置如图 1-2 所示,主要采用高压成套配电柜,装置具有以下特点:

- (1) 安全净距小并可分层布置,占地面积小;
- (2) 维护、巡视和操作都在室内进行,不受外界气象条件的影响;
- (3) 设备受气象及外界有害气体影响较小,可减少维护工作量;
- (4) 建筑投资大。

(二) 屋外配电装置

1. 屋外配电装置的几种形式

(1) 空气绝缘敞开式开关设备 AIS (Air insulated switchgear)。AIS 主要是靠空气绝缘,采用瓷件作为配电装置的外壳,由瓷柱式或罐式断路器、隔离开关、电流互感器、电压互感器、避雷器等组成的配电装置。其示意图如图 1-3 所示。

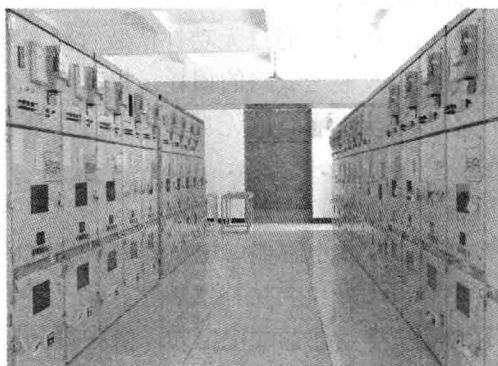


图 1-2 屋内配电装置

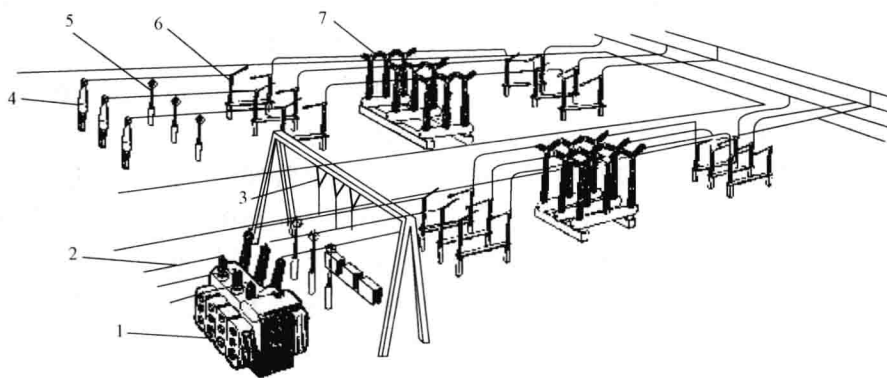


图 1-3 屋外配电装置示意图

1—变压器; 2—导线; 3—绝缘子; 4—互感器; 5—避雷器; 6—隔离开关; 7—断路器

(2) 气体绝缘全封闭开关设备 GIS (Gas Insulated Switchgear)。GIS 由断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线、连接件和出线终端等组成,这些设备或部件全部封闭在金属接地的外壳中,在其内部充有绝缘性能和灭弧性能优异的 SF_6 (六氟化硫) 气体作为绝缘和灭弧介质,故也称 SF_6 全封闭组合电器。

(3) 复合式气体绝缘金属封闭开关设备 HGIS (Hybrid Gas Insulated Switchgear) 是一种介于 GIS 和 AIS 之间的新型高压开关设备。HGIS 的结构与 GIS 基本相同,但它不包括母线设备。其优点是母线不装于 SF_6 气室,是外露的,因而接线清晰、简洁、紧凑,安装及维护检修方便,运行可靠性高。

全封闭组合电器具有占地少、运行可靠性高、抗污秽及抗震能力强等特点,但其价格昂贵,故障后

短时间难以修复且扩建困难。AIS 比全封闭组合电器价格便宜,但占地面积很大且带电部分外露较多,限制了其在变电站面积狭小且环境条件恶劣的地方应用。

2. 屋外配电装置的特点

- (1) 安全净距大,占地面积大,但便于带电作业;
- (2) 维护、巡视和操作在室外进行,受外界气象条件影响;
- (3) 设备受气象及外界有害气体影响较大,运行条件较差,须加强绝缘,设备价格较高;
- (4) 土建工程量和费用较少,建设周期短,扩建较方便。

三、无功补偿

无功补偿就是通过无功补偿装置对系统补偿无功功率,改善供电质量,提高电网的功率因数,降低供电变压器及输送线路的损耗,提高供电效率,改善供电环境。

电力系统中现有的无功补偿装置主要是静态无功补偿装置,包括电容器、电抗器及自动静止无功补偿装置。

无功补偿装置主要特点如下:

- (1) 固定式电容器、电抗器。阶梯式的补偿方式,连续可控能力差;
- (2) 自动静止无功补偿装置。是一种新型静止型自动无功补偿装置,可根据电网的需要自动连续的调节无功功率,在输配电电力系统中得到广泛应用。

四、控制及直流系统

控制及直流系统包括计算机监控(监测)系统、继电保护和直流系统三部分。

(一) 计算机监控(监测)系统

计算机监控系统是对变电站的一次设备进行监视、保护和控制的设备。

变电站计算机监控技术是利用现代自动化技术、电子技术、通信技术、计算机及网络技术与电力设备相结合,将电网在正常及事故情况下的监测、控制、计量与供电部门的工作管理有机地融合在一起,完成调度端遥测、遥信、遥控、遥调“四遥”功能。改进供电质量,力求供电最为安全、可靠、方便、灵活、经济,变配电管理更为有效,从而改善供电质量,提高服务水平,减少运行费用。

变电站计算机监控系统由带有通信接口的采集控制模块包括多功能电力综合仪表、开关量采集模块、电流量采集模块、模拟量采集模块、继电器控制输出模块、现场管理机、24V 直流电源以及中央管理机等组成。中央管理机是本系统的集中管理中心,一般安置在有人值班的总值班室内,用于整个变配电系统的实时状态显示、参数统计、数据分析、历史记录、故障报警、控制、报表打印等。

通过对变电站控制方式的充分论证,采用计算机监控系统能极大提高变电站综合自动化水平。采用计算机监控系统具有减少二次设备重复设置、节约工程投资意义。

(二) 继电保护

电力系统安全运行时要求所有电力设备必须在不超过它们所允许的电流、电压、频率限额内运行。当电力系统发生故障时,此时电力设备承受电压、电流、频率等将超过限额,可能导致电力设备的损坏,影响系统的稳定运行。因此当电力系统发生故障时需要继电保护及自动装置及时切除故障,保证系统继续安全运行。

继电保护装置是通过采集分析保护对象表征及其运行特点的电压、电流等电气量,判断保护对象是否存在故障或异常工况并采取相应的措施的自动装置。继电保护的种类很多,根据保护对象的不同可以分为母线保护、线路保护、变压器保护、电容器保护、电抗器保护、断路器保护等。按照保护原理分有差动保护、距离保护、电压保护、电流保护等。按照保护硬件平台分有电磁型保护、感应型保护、整流型保护、晶体管保护、集成电路保护、微机保护等。尽管硬件平台不同,保护装置的基本原理都是一样的,都是由数据采集元件、逻辑分析元件和执行操作元件组成。数据采集元件从保护对象采集电流、电压、

断路器位置等的信息, 逻辑分析元件从信息中选择特征量与预先给定的信息(整定值)进行比较, 从而鉴别被保护设备是否在故障或不正常情况运行, 并输出相应的信息。执行操作元件根据逻辑分析结果对故障或不正常情况发出的指令进行操作, 从而保护系统正常运行。

(三) 直流系统

变电站直流系统为供继电保护、控制、信号、计算机监控、事故照明、交流不间断电源等提供直流电源。直流系统的用电负荷对供电的可靠性要求很高。直流系统的可靠性是保证变电站正常和事故状态下安全运行的重要条件之一。

要保证直流系统可靠地运行, 首先必须保证直流系统接线可靠, 其中包括直流母线的接线、直流电源的配置和直流供电网络的构成。其次, 要合理地选择直流系统中采用的设备, 包括蓄电池、充电和浮充电设备、各种开关设备、保护设备、动力和控制电缆等。

五、站用电系统

变电站交流站用电系统为变电站的生产运行提供可靠的交流电源。在变电站运行中占有重要地位, 一旦失去站用电将引起严重后果。因此, 站用电应安全可靠, 并且设置备用电源。

站用电系统包括站用变压器、站用电负荷、站用电接线、站用电系统保护、站用电系统自动装置等。其中, 站用变压器包括油浸式、干式两种; 站用电系统保护包括站用变压器保护、馈电线保护; 常用的变电站站用电系统自动装置有母线电压自动调节装置和备用电源自动投入装置。对无人值班变电站, 站用变压器高压侧母线电压变动频繁时, 宜选用有载调压变压器。

六、电缆及接地

(一) 电缆

电缆是指用于电力、控制、通信等传输用途的材料。

电缆从用途上分为电力电缆、控制电缆、补偿电缆、计算机电缆、通信电缆等。

变电站内电缆主要有电力电缆和控制电缆两大类。电力电缆用于电能的传输, 控制电缆用于控制信号的传输。

(二) 接地

电气设备的接地可分为工作接地、保护接地两种。

(1) 工作接地。是为了保证电力系统正常运行根据电力系统的要求所需要的接地。例如中性点直接接地系统中的变压器中性点接地。

(2) 保护接地。是针对防雷保护、人身安全等的需要而设置的接地。例如防大气过电压的避雷针、避雷器的接地。防外壳带电危及人身安全的电气设备外壳(包括电缆皮)接地。为了稳定电位、防止干扰而设置的计算机监控系统、微机型继电保护系统和远动通信系统等仪控接地。

接地装置由接地网、接地极、接地母线(户内、户外)、接地引下线(接地跨接线)、构架等组成接地装置。

七、通信及远动系统

通信及远动系统是用于保证变电站实现生产调度自动化而设置的系统。

(一) 系统通信

根据电网的运行特点, 为了安全、经济运行, 合理分配电能, 保证电力质量指标, 及时地处理和防止系统事故, 要求对系统进行集中管理、统一调度, 建立电力系统专用的电力系统通信网络, 以便实现电网调度自动化和管理现代化, 确保电网的安全、经济调度。根据电力系统生产的不容间断性和运行方式变化的突然性, 以及系统继电保护和安全自动装置的信息, 需要依赖电力通信网络传输, 因此要求电力调度通信高度可靠。

变电站系统通信的主要内容包括系统调度通信、对外行政通信(兼作调度通信备用)、站内通信、变

电站与系统外的通信、通信电源、通信机房、光端设备，以及通信设备的配置和选型等。

系统继电保护、调度自动化专业与系统通信专业的分工界面以通信设备输入 / 输出端子（或配线设备端子）为界。

（二）远动

对于电力系统，为了进行现代化管理，实现电网调度自动化，虽省、地、县各级调度有不同的职能和责任，但其组成基本相同，一般是由主站和远动终端（RTU）组成。远动终端就是电网监视和控制系统中安装在变电站的一种装置，它负责采集所在变电站电力运行状态的模拟量和状态量，监视并向调度中心传送这些模拟量和状态量，执行调度中心发往所在变电站的控制和调度命令。

20 世纪 90 年代初，随着计算机、网络技术、通信技术及数字保护技术（即微机保护）的广泛应用，使变电站自动化技术得到了快速发展。传统的 RTU 方式的自动化系统逐渐被集中式的变电站自动化系统和分散式变电站综合自动化系统所代替。

集中式变电站自动化系统是在变电站控制室内设置计算机系统作为变电站自动化系统的核心，分散扩展原 RTU 的遥信、遥测及遥控等功能，并通过总控单元完成全站信息数据采集与处理及实现与远方调度的通信。采用集中式自动化系统的变电站取消了传统的盘表仪器、光字牌等，初步具备无人值班的条件。

变电站综合自动化系统由间隔层设备、站控层设备和网络通信层设备等组成。间隔层设备和站控层设备通过各种现场总线或以太网，紧密地联系在一起，组成一个整体。间隔层设备完成遥测、遥信信息采集及处理等功能，并将这些信息通过网络传送至站控层设备；同时，间隔层设备接收站控层和调度端（集控站）下发的控制命令，由其完成对一次设备的控制。此外，对于中低压电气设备，间隔层设备一般采用保护和测控功能合一装置，其除具有各种自动化功能外，还具备各种常规继电保护功能。综合自动化系统还具有各种自动装置的功能，如电压无功综合控制、小电流接地选线、备自投功能等。综合自动化系统变电站彻底取消了传统的盘表仪器、光字牌等，具备无人值班的条件。综合自动化系统一般需配置独立的远动工作站，负责与远方调度（集控站）的通信。

设备材料

知识目标

1. 明确变电站安装工程中主要设备材料的基本知识;
2. 了解变电站一、二次设备的概念;
3. 熟悉主要设备材料的结构与分类;
4. 掌握主要设备材料的型号、规格与作用。

教学重难点

1. 重点: 设备材料的分类、型号、规格及作用。

教学内容与学时建议

1. 设备, 3 学时;
2. 材料, 3 学时。

本章主要介绍变电站中常用设备材料, 通过对设备材料知识的学习, 基本掌握变电站安装工程的主要设备与材料的作用、分类与型号规格等内容。

第一节 设 备

变电站电气设备一般可分为一次设备和二次设备。

变电站一次设备是指直接输送、分配、使用电能的承载高电压的电气设备。主要包括: 变换电压、传输电能的设备, 如变压器; 接通和断开电路的开关设备, 如高压断路器、隔离开关、负荷开关、熔断器等; 限制故障电流和过电压的保护电器, 如电抗器(限制短路电流)、避雷器等; 无功补偿设备, 如并联电容器、并联电抗器等; 用于交流电气一、二次之间的转换设备, 如电压和电流互感器等。在变电站, 直接与高电压等级连接的一次设备, 根据系统的要求和其功能, 按一定的顺序用导线连接成电路, 就称为一次电路或电气主接线。

变电站二次设备是指对一次设备的工作状况进行监视、控制、测量、保护和调节所必需的电气设备, 包括监控装置、操作电器、测量表计、继电保护及自动装置、直流控制系统设备等。二次设备按控制、保护等不同功能要求连接在一起构成的电路称为二次接线或二次回路。二次回路是变电站的重要组成部分, 是电力系统安全、经济、稳定运行的重要保证。二次回路是一个具有多种功能的复杂网络, 按其功能可分为控制回路、信号回路、测量及监察回路、继电保护及自动装置回路、操作电源回路等。

目前设备、材料的规格型号没有统一的编码规则, 习惯上沿用两种表示方式: 一种是以能代表设备



名称特点的汉语拼音字母表示,国产设备大多采用这种方式,例如:GW表示隔离开关,SW表示少油断路器;另一种是用设备名称的英文字母表示,进口产品、新设备、新产品一般采用这种方法,例如:电容式电压互感器用CVT(Capacitor Voltage Transformers)表示,3AP1是西门子公司生产的断路器。本书以介绍国产设备为主。

一、变压器

1. 变压器的作用

变压器主要作用是传输和分配电能。变压器是变电站中的主要设备,是利用电磁感应原理,实现电压、电流的变换。考虑减小损耗、保证电能质量、提高运行经济性等因素,通过变压器升高电压可实现远距离输电;通过变压器降低电压,可实现对用户供电,满足用户需要。并满足电网的安全经济运行。

2. 变压器的分类

变压器按绕组数、相数、冷却方式和调压方式等分类情况如表2-1所示。

表 2-1 变 压 器 的 分 类

序 号	分 类	类 别	代表符号
1	绕组耦合方式	自耦	O
2	相数	单相	D
		三相	S
3	绕组外绝缘介质	变压器油	—
		空气	G
		成型固体	C
4	冷却方式	油浸自冷式	J(可不表示)
		空气自冷式	G(可不表示)
		风冷式	F
		水冷式	W(S)
5	油循环方式	自然循环	—
		强迫油导向循环	D
		强迫油循环	P
6	绕组数	双绕组	—
		三绕组	S
7	导线材质	铜	—
		铝	L
8	调压方式	无励磁调压	—
		有载调压	Z

3. 变压器型号

变压器型号表示为:

1 2 3 4 — 5 / 6

其代表含义如下。

- 1: 相数;
- 2: 冷却方式;
- 3: 绕组数;
- 4: 特性(包括材质、调压方式);

5: 变压器的额定容量, kVA;

6: 额定电压, kV。

某变压器 ODFZ-250000/500 表示单相自耦自然油循环风冷有载调压方式, 额定容量为 250000kVA, 高压侧额定电压为 500kV 的超高压变压器。

4. 结构

以油浸式变压器为例, 其基本结构如图 2-1 所示, 主要包括铁芯、绕组、绝缘套管、油箱、储油柜、呼吸器、冷却器、分接开关、压力释放阀、气体继电器等。

二、电抗器、消弧线圈和放电线圈

电抗器是电感元件, 在电力系统中最主要的两个用途是限流和无功补偿; 消弧线圈也是电感元件, 作用是限制或补偿中性点非直接接地系统发生单相接地时产生的电容电流。

(一) 电抗器

1. 电抗器的作用与分类

电力系统中所采取的电抗器, 常见的有串联电抗器和并联电抗器。

串联电抗器主要用来限制短路电流, 也可在滤波器中与电容器串联或并联用来限制电网中的高次谐波。

并联电抗器用来吸收电网中的容性无功, 如 500kV 电网中的高压电抗器, 500kV 变电站中的低压电抗器, 都是用来吸收线路充电电容无功的; 220、110、35、10kV 电网中的电抗器是用来吸收电缆线路的充电容性无功的。可以通过调整并联电抗器的数量来调整运行电压。

超高压并联电抗器有改善电力系统无功功率有关运行状况的多种功能, 主要包括:

(1) 改善轻空载或轻负荷线路上的电容效应, 以降低工频暂态过电压。

(2) 改善长距离输电线路上的电压分布。

(3) 使轻负荷时线路中的无功功率尽可能就地平衡, 防止无功功率不合理流动, 同时也减轻了线路上的功率损失。

(4) 在大机组与系统并列时, 降低高压母线上工频稳态电压, 便于发电机同期并列。

(5) 防止发电机带长线路可能出现的自励磁谐振现象。

2. 型号

电抗器型号表示为:

1 2 — 3 4 5 — 6 / 7 — 8 9

其代表含义如下。

1: F—分裂绕组, MK—水泥柱式电抗器, CK—串联电抗器, BK—并联电抗器, XK—限流电抗器, LK—滤波电抗器, QK—启动电抗器;

2: S—三相, D—单相;

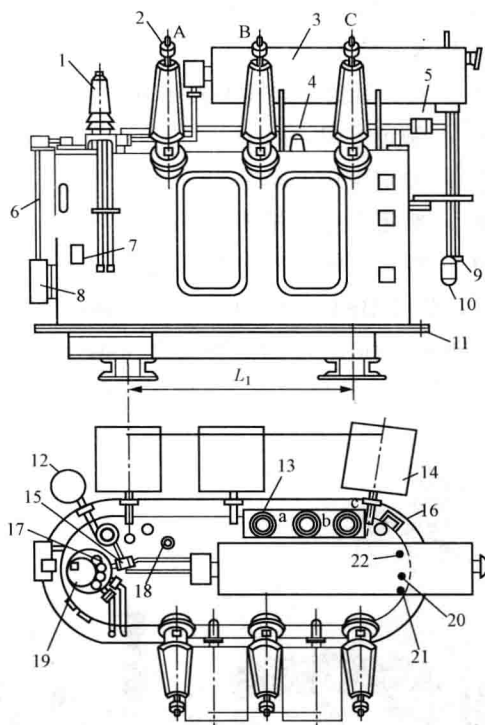


图 2-1 油浸式变压器基本结构

- 1—中性点套管; 2—高压套管; 3—储油柜 (油枕);
4—安全气道 (或压力释放器); 5、15—气体继电器;
6—垂直轴; 7—铭牌; 8—有载分接开关电动机构; 9—放气注油管; 10—呼吸器 (吸湿器); 11—箱沿; 12—净油器;
13—低压套管; 14—散热器 (或冷却器); 16—梯子;
17—安全连管; 18—接地套管; 19—有载分接开关; 20—电阻温度计; 21—信号温度计; 22—水银温度计; 23—油位计

3: C—浇注成型固体, G—干式;

4: K—空心;

5: L—铝线 (铜线不表示);

6: 额定容量, kvar;

7: 额定电压, kV;

8: 额定百分电抗率, %;

9: W—户外, 户内不标注。

例如型号 BKK—20000/35 表示额定容量为 20000kvar, 额定电压为 35kV 的空心并联电抗器。型号 BKD—50000/500 表示额定容量为 50Mvar, 额定电压为 500kV 的单相并联电抗器。

空心并联电抗器如图 2-2 所示, 单相并联电抗器如图 2-3 所示。

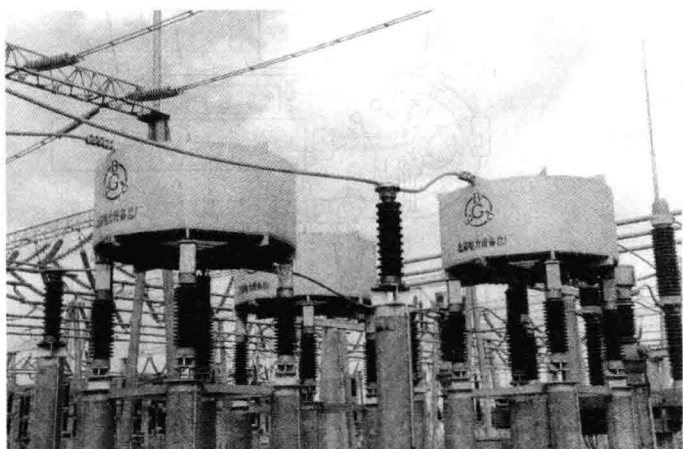


图 2-2 空心并联电抗器

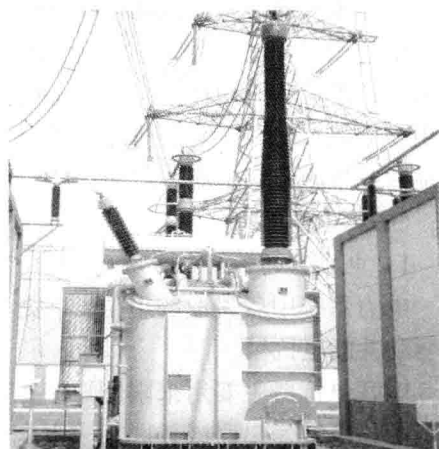


图 2-3 单相并联电抗器

(二) 消弧线圈

1. 作用

消弧线圈是一个带铁芯的电抗线圈, 如图 2-4 所示。正常运行时, 由于中性点对地电压为零, 消弧线圈上无电流。单相接地故障后, 接地点与消弧线圈的接地点形成短路电流。中性点电压升高为相电压, 作用在消弧线圈上, 将产生一感性电流, 在接地故障处, 该电感电流与接地故障点处的电容电流相抵消, 从而减少了接地点的电流, 使电弧易于自行熄灭, 提高了用电可靠性。

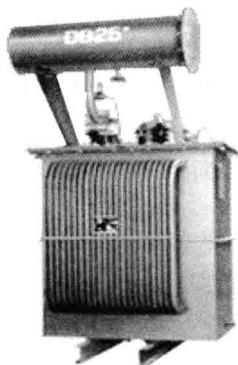


图 2-4 消弧线圈

2. 型号

消弧线圈型号表示为:

1 2 — 3 4 — 5 / 6

其代表含义如下。

1: X (XH) — 消弧线圈;

2: D—单相, S—三相;

3: J—油浸, C—浇注成型固体;

4: L—铝线 (铜线不表示);

5: 额定容量, kVA;

6: 额定电压, kV。

例如型号 XDJL—600/10 表示单相油浸式 (铝线) 消弧线圈额定容量为 600kVA, 额定电压为 10kV。

(三) 放电线圈

1. 作用

放电线圈通常与电力电容器或电力电容器组并联连接, 作为放电器件, 使电容器从系统切除后, 剩余电荷能快速泄放至规定安全值, 防止合闸时产生涌流, 确保停电检修人员的安全。当电力电容器运行时, 作为保护和测量器件。

放电线圈如图 2-5 所示, 其结构与变压器类似, 由铁芯、绕组和绝缘以及外壳组成, 其中绝缘分油浸式和干式 (环氧树脂浇注) 两种。

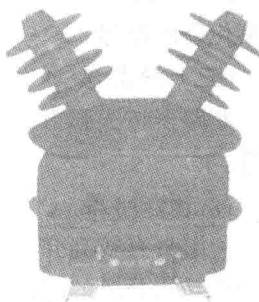


图 2-5 放电线圈

2. 型号

放电线圈型号表示为:

1 2 3 4 — 5 / 6

其代表含义如下。

1: F—放电线圈;

2: D—单相, S—三相;

3: G—干式 (油浸式不表示), R—带二次绕组 (有些用 2 表示);

4: 设计序列号;

5: 额定放电容量, Mvar;

6: 额定电压, kV。

例如型号 FDG2—1.7/10 表示额定电压 10kV、额定放电容量为 1.7Mvar 的干式带二次绕组单相放电线圈。

三、断路器

(一) 作用

高压断路器是主要的电力控制设备, 它具有完善的灭弧装置。正常运行时, 可用来切换运行方式、接通和开断负荷电流, 起着控制作用; 故障或事故时, 用来切断短路电流, 切除故障电路。

断路器最主要特点是具有断开电路中正常负荷电流和故障短路电流的能力, 它有专门的灭弧装置, 使开断时形成电弧迅速熄灭。

高压断路器一般由动触头、静触头、灭弧室、操动机构、绝缘支柱等部件组成。

(二) 断路器的型号

断路器型号表示为:

1 2 3 — 4 5 / 6 — 7 8

其代表含义如下。

1: 产品字母代号, D—多油式, S—少油式, K—空气, Z—真空, C—磁吹, L—六氟化硫 (SF₆), Q—产气;

2: 安装场所代号, N—户内, W—户外;

3: 设计系列号, 以数字 1、2、3……表示;

4: 额定电压, kV;

5: 补充工作特性, 如 G—改进型, C—小车式, F—分相操作;

6: 额定电流, A;

7: 额定开断电流能力, kA 或 MA;

8: 特殊环境代号。

例如型号 SN10-10/3000 表示额定电压为 10kV、额定电流 3000A 的户内少油断路器。

LW14-110W/3150-40 表示额定电压为 110kV、额定电流为 3150A、额定开断电流能力为 40kA 的户外六氟化硫断路器。

(三) 分类

断路器按灭弧方式一般可分为油断路器、真空断路器、六氟化硫断路器、空气断路器和磁吹式断路器等。

1. 油断路器

利用具有较高介质强度的矿物油作为灭弧和绝缘介质的断路器称为油断路器。当断路器的动触头和静触头互相分离的时候产生电弧，电弧高温使其附近的绝缘油蒸发汽化和发生热分解，形成灭弧能力很强的气体和压力较高的气泡，使电弧很快熄灭。油断路器应用于电力系统中较早，技术已经十分成熟，价格比较便宜。

油断路器分为多油断路器和少油断路器两种。

多油断路器的用油量大，体积大，检修维护工作量也大，但运行方便。多用在 35kV 户外（如 DW8-35W/600A），少量用于户内，目前已很少生产使用。

少油断路器如图 2-6 所示，少油断路器相对多油式具有体积小、重量轻、用油量少、检修方便、火灾危险性小等特点。少油断路器广泛用于户外 110、220kV 配电装置中，如 SW4-110W/1000-18.4 型。

2. 真空断路器

真空断路器如图 2-7 所示。真空断路器以真空作为灭弧介质和绝缘介质。由于这种断路器在灭弧过程中没有气体的冲击，故在关合或断开时对断路器杆件的振动较小，可频繁操作。真空断路器还具有灭弧速度快、触头不易氧化、体积小、寿命长等优点。真空断路器多用于 35、10kV 的配电装置中，如 ZN25-10/1250-31.5 型。

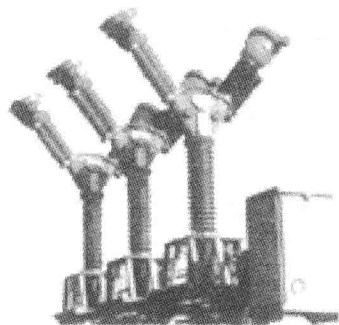


图 2-6 少油断路器

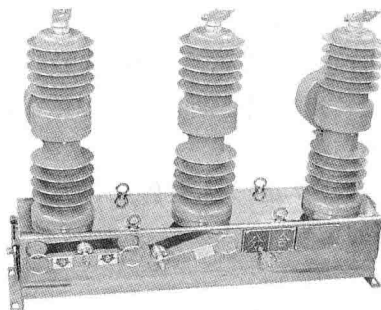


图 2-7 真空断路器

3. 六氟化硫 (SF₆) 断路器

SF₆ 断路器如图 2-8 所示，SF₆ 断路器是以 SF₆ 气体作为灭弧介质的，具有油断路器、压缩空气断路器不可比拟的灭弧能力。由于 SF₆ 断路器具有优异的灭弧能力，所以其燃弧时间很短，触头烧损轻微，触头能在比较高的温度下运行而不劣化。

此外，由于 SF₆ 气体具有优越的绝缘特性，因此，其开断能力大，电气绝缘距离可以大幅度下降。而且 SF₆ 断路器是完全封闭的，与大气隔绝，故其特别适用于有爆炸性危险的场合。SF₆ 断路器的缺点是结构比较复杂、要求较高的密封性能、价格较贵。较常用的有 LW15-220W/2500、LW8-35/1600。

落地罐式六氟化硫断路器在结构上有别于一般的六氟化硫断路器，具有重心低、抗振性能好的特点，图 2-9 所示为罐式六氟化硫断路器。