

300MW 热电联产机组技术丛书

发电机及电气设备

国电太原第一热电厂 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

300MW热电联产机组技术丛书

发电机及电气设备

国电太原第一热电厂 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是300MW热电联产机组技术丛书之一,为发电机及电气设备分册,分十八章介绍了发电机—变压器—线路组电气系统,厂用电系统,保安电源系统和不间断电源,发电机结构,发电机的运行、维护及试验,发电机的励磁系统,发电机的励磁调节器,电力变压器,六氟化硫(SF₆)断路器,220、110kV配电设备和过电压保护,厂用配电设备,WFBZ-01型微机发电机—变压器组保护装置,同步系统,220kV线路继电保护,直流系统和直流设备,厂用电动机,电气设备的二次回路等内容。

本书可作为300MW机组技术人员的运行、检修培训教材,也可供从事热电联产相关工作的技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

发电机及电气设备/国电太原第一热电厂编著. —北京:中国电力出版社,2006

(300MW热电联产机组技术丛书)

ISBN 7-5083-3696-8

I.发... II.国... III.①火电厂—发电机②火电厂—电气设备 IV.TM621.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第130432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>)

北京丰源印刷厂印刷

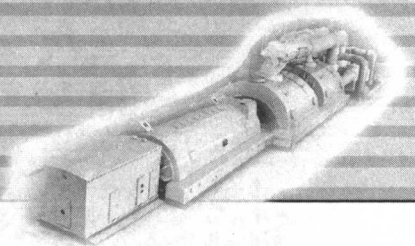
各地新华书店经售

*

2006年1月第一版 2006年1月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 印张17.25 417千字
印数0001—4000册 定价27.00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

编写顾问 魏建朝 任晓林

编写主任 周茂德

编委成员 姚泽民 柴吉文 李朝平 赵富春 裴志伟

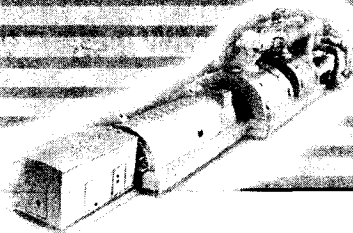
丛书主编 卫泳波

丛书副主编 王文飏 郭友生 石占山

锅炉主编 石占山

汽轮机主编 徐 进

电气主编 倪 红



序

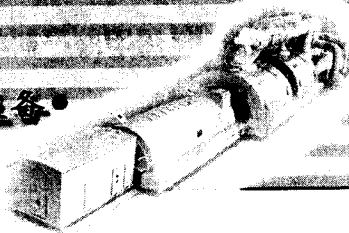
国电太原第一热电厂创建于 1953 年，属“一五”期间国家 156 项重点工程之一。经六期建设，装机容量达到 1461MW，成为全国最大的热电厂。为了适应城市清洁生产的要求，老厂机组已逐步关停。

目前，国电太原第一热电厂装有四台 300MW 供热发电机组，是典型的热电联产企业。其中，两台机组是由波兰拉法克公司生产的低倍率循环半塔式燃煤锅炉与东方电站集团公司生产的汽轮发电机组相配套，该机组在冬季除发电外还向太原市居民供热，其余时间为纯凝汽工况运行；另两台机组的锅炉、汽轮机和发电机均由东方电站集团公司生产，该机组除发电外，常年向化工企业供热。

随着我国经济的快速发展，国民的环保意识逐步增强，热电联产的优势越来越明显，为了提高热电联产机组的技术水平，不断扩大各单位的技术交流，我们组织编写了《300MW 热电联产机组技术丛书》，丛书包括《锅炉及辅助设备》、《汽轮机及辅助设备》、《发电机及电气设备》三个分册。

在编写过程中，广大技术人员付出了辛勤的劳动，中国国电集团公司、中国国电集团公司华北分公司及山西省电力公司都给予了大力的支持，在此表示感谢。

国电太原第一热电厂厂长 **魏建朝**



前 言

国电太原第一热电厂共有四台 300MW 热电联产机组，其中两台于 1992 年投产，另两台 300MW 机组于 1999 年投产，机组投产后运行性能良好，受到国内电力生产工程技术人员的广泛关注，为了扩大交流，我们编写了《发电机及电气设备》一书。本书主要依制造厂说明书和太原第一热电厂的检修和运行经验编写而成，对东方电站集团公司生产的 QFSN-300-2-20 发电机的结构、运行及检修进行了全面的介绍，并对相关电气设备作了详细的介绍。

全书由倪红同志主持并编写了第四章，第一章、第二章、第六章由牛继成编写，第三章、第九~第十二章由郭希红编写，第五章、第十七章由刘志青和王晓春编写，第五章第三节由杨世斌编写，第十三章、第十四章由李强编写，第十五章、第十八章由段其文编写，第七章、第八章由王树建编写，第十六章由杨勇军编写，赵俊峰和杨宁兰负责编写部分章节的高压试验部分。

由于条件所限，书中不妥之处难免，恳请广大读者批评指正。

编者

二〇〇五年十月



目 录

序 前言

第一章 概述

第二章 发电机—变压器—线路组电气系统

第一节 电气主接线.....	5	第二节 电气系统的运行.....	6
----------------	---	------------------	---

第三章 厂用电系统

第一节 6kV 系统概述	8	第三节 高压厂用电系统的运行 ...	14
第二节 厂用高压电气设备	11	第四节 低压 380V 系统概述	21

第四章 保安电源和不间断电源

第一节 发电厂保安电源的配置 ...	23	第三节 五期保安系统简介	30
第二节 采用柴油发电机的保安 备用电源设备	26	第四节 发电厂的不间断电源	30

第五章 发电机结构

第一节 汽轮发电机基本结构	35	原理	39
第二节 同步发电机基本工作		第三节 氢、油、水系统简介	43

第六章 发电机的运行、维护及试验

第一节 发电机技术性能	50	第三节 发电机的运行与维护	56
第二节 发电机运行特性	53	第四节 发电机试验	64

第七章 发电机的励磁系统

第一节 发电机的励磁方式	68	第三节 转子的过电压保护和 灭磁	70
第二节 励磁系统的设备	69		

第八章 发电机的励磁调节器

第一节 概述	74	本原理	75
第二节 SAVR—2000 型励磁调节器基			

第九章 电力变压器

第一节	360MVA 主变压器	84	第四节	变压器的运行与检修	103
第二节	高压厂用变压器	91	第五节	变压器试验	105
第三节	高压启动/备用变压器	96			

第十章 六氟化硫 (SF₆) 断路器

第一节	SF ₆ 气体	117	第二节	SF ₆ 断路器检修工艺	123
-----	--------------------------	-----	-----	-------------------------------	-----

第十一章 220kV 配电设备和过电压保护

第一节	JCC5—220 型电压互 感器	141	第三节	220kV 系统的防雷过电压 保护及接地装置	148
第二节	LCWB—220 型电流互				

第十二章 厂用配电设备

第一节	SN10—10Ⅲ型高压少油 断路器	152	第三节	DM4 系列磁场断路器	174
第二节	ZN12—10 系列真空断 路器	165	第四节	DW10M—400、600 型 自动灭磁开关	176

第十三章 WFBZ—01 型微机发电机—变压器组保护装置

第一节	差动保护	182	第三节	失磁、转子接地保护	185
第二节	匝间、定子接地、逆功率、		第四节	过电流、过电压保护	191

第十四章 同步系统

第一节	概述	195	第四节	WX—98 型微机自动准 同步装置	202
第二节	手动和自动准同步	197			
第三节	同步闭锁及接线	200			

第十五章 220kV 线路继电保护

第一节	概述	207	第四节	成套快速保护装置	213
第二节	LFP—931A 型数字电流差 动保护装置	210	第五节	失灵及辅助保护	215
第三节	LFP—901A 型超高压线路		第六节	光纤通信	216
				操作继电器装置	217

第十六章 直流系统和直流设备

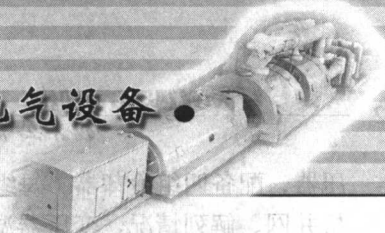
第一节	直流系统概述	218	第三节	晶闸管整流充电设备	223
第二节	蓄电池	221			

第十七章 厂用电动机

第一节 概述.....	226	知识.....	228
第二节 异步电动机的基本		第三节 直流电机的基本知识.....	245

第十八章 电气设备的二次回路

第一节 电气二次部分简介.....	260	第二节 电气设备的控制回路.....	263
-------------------	-----	--------------------	-----



第一章

概 述

国电太原第一热电厂六期工程装有 2 台 300MW 凝抽两用燃煤机组，电气部分采用单元制接线，主机为东方电机厂生产的 QFSN—300—2—20 型发电机组，配合使用东方汽轮机厂生产的 NC/300/225—16.7/537/537 型冲动式、单轴三缸双排汽、亚临界中间一次再热、一次可调一次不可调供热凝汽式汽轮机，锅炉使用东方锅炉厂 DG1025/18.2—II 4 型亚临界、中间再热自然循环、全悬吊平衡通风、倒 U 型布置燃煤汽包炉。由于厂房东临太（原）汾（阳）公路，出线走廊狭窄，所以将升压变电站建在距电厂 1.5km 处，该站是太原地区环形供电网的主要变电站，两台 300MW 发电机出口经主变压器升压至 220kV 经断路器直送到冶峪变电站 220kV 母线上。

发电机是三相双星形两极同步发电机，额定有功功率为 300MW，视在功率 353MVA，发电机出口电压为 20kV，定子额定电流 10190A，功率因数 0.85（滞后），效率为 98.7%，额定运行氢压 0.3MPa。该机采用封闭式强迫循环通风系统，简称水—氢—氢冷却方式，定子绕组（包括引出线）为水内冷，转子绕组为气隙取气斜流通风式氢内冷，定子铁芯及结构件为氢表面冷却。发电机内的氢气在发电机两端部风扇的作用下，以闭式循环方式在发电机内作强制循环流动，使发电机的铁芯和转子绕组得到冷却。氢气流经位于发电机上部两侧的四个氢气冷却器（氢冷器）后又重新进入铁芯和转子绕组作反复循环。氢冷器的冷却水来自循环冷却水系统。发电机气体装置主要由氢气冷却器、氢气干燥器、压力调节阀及其隔离阀、旁路阀、安全阀、三通阀、切换阀，以及连接管道组成。每台氢冷器分别用一只阀门与进水管和回水管连接，在回水管上装有温度计，氢冷器出口母管装有自动温度控制阀，用以自动控制冷却水量，保持氢气温度恒定。每只氢冷器都有一根排气管，每段供水管和回水管都有放水阀。发电机运行时，安装在发电机转子上的风扇将氢气送进干燥器。在干燥器里，氢气中的水分被干燥剂吸收，干燥的氢气再返回发电机内。干燥器由圆形外壳、干燥室和干燥剂还原操作箱等部分组成。外壳套在干燥室外，接有氢气进口和出口、观察窗、冷却空气进口、真空吸入口、排放阀和排放箱。干燥剂室放有干燥剂且装有铠装线加热器，被吸收的水分经加热后脱离干燥剂，于是干燥剂还原，脱离出来的水再由密封油系统的真空泵排入大气。

发电机励磁系统采用三机同轴他励静止硅整流系统，是由同轴交流主励磁机（1670kVA、100Hz）、中频永磁式副励磁机（75kVA、400Hz）、硅整流装置和励磁调节装置等组成的。中频副励磁机输出的三相交流电经晶闸管整流后供给交流主励磁机励磁，而交流主励磁机经硅整流器整流后供给发电机励磁，励磁调节装置调节主励磁机励磁，从而达到自动控制发电机励磁电流的目的。为了满足发电机起动并网过程中励磁的理想调节状态或因中频副励调节系统故障时而保证主励的可靠运行，还并接一套由厂用 380V 供电经感应调压器手动调节而整流后供交流主励磁机励磁的手动备用励磁装置。采用手动备用励磁装置时，发电机无强励功能，是一种应急的临时运行方式，正常情况下不能用手动励磁装置长期运行。主变压器为保定变压器厂生产的 SFP10—360000/220 型双绕组强迫油循环风冷式电力变

压器, 配备四组冷却器, 每组冷却器有工作、辅助、备用、停止四种状态, 可实现根据发电机并网、解列情况、变压器温度或负荷情况进行冷却器的自动投入和退出。高压厂用变压器也是该厂生产的 SF7—40000/20 型自然油循环风冷式分裂绕组变压器, 变压器一次侧取自发电机 20kV 出线, 二次侧分别供本机高压 6kV 厂用母线。高压备用起动变压器也是保定变压器厂生产的 SF7—50000/110 型有载调压分裂绕组自然油循环风冷式变压器, 该变压器装有有载调压装置。一次侧和 25MW 机组出线通过铝质管母“T”接于 110kV 线路上。分别为 2 台 300MW 机组 (各两段) 及 50MW 机组 (一段) 的 6kV 高压厂用母线提供备用电源。高压厂用变压器和高压备用起动变压器采用相同的冷却方式, 有 8 组 16 台冷却器, 每组冷却器有“自动”和“手动”两种控制方式, 可根据变压器本体温度和所带负荷情况进行起停控制。

发电机主断路器及高压备用起动变压器高压侧断路器采用了六氟化硫断路器, 该断路器额定电流是 3150A, 正常运行中六氟化硫气体压力应保持在 0.6MPa。由于厂址处于化工区, 大气污染十分严重, 为了防止污闪事故的发生, 因此将 220kV 断路器、隔离开关、电压互感器、电流互感器及避雷器等设备安装于室内。发电机出口至升压变压器和高压厂用变压器之间装有铝板卷制而成的封闭母线和外壳, 为了保证封闭母线的绝缘强度, 还装设了一台 WZK—II—0.9 型自动微正压充气装置, 使三相封闭母线内保持一定压力的干燥空气, 用以避免外界粉尘和潮气侵入封闭母线中, 这样可大大减少发电机出口短路故障的可能性。为了防止发电机电压系统发生单相接地时造成设备严重烧毁, 在发电机中性点还装设有一台消弧电抗器, 以便在发生单相接地时补偿电容电流。

300MW 发电机—变压器组的保护配备是比较完善的, 采用了南京自动化设备厂生产的 WFBZ—01 型成套微机保护装置, 并装设高起始响应、快速励磁调节装置, 并加装 PSS (系统稳定) 装置。发电机保护有: 差动、定子匝间、定子过流、定子接地、负序过流、过电压、转子过流、转子一点接地、转子两点接地、定子水内冷断水、失磁、逆功率保护。主变压器保护有: 差动、瓦斯、零序、过励磁保护。高压厂用变压器有差动、过流、瓦斯, 冷却器全停、变压器大差动保护等。每台机组还配置有一台故障录波仪, 用以录取故障时发电机电流、电压等参数的变化情况。两台 300MW 发电机的 220kV 线路有用光导纤维做通道的线路纵差、方向、断路器失灵保护, 并配置有相间距离、接地、非全相等保护和故障录波仪。保护选型从发电机的角度考虑装设了不同原理的双套快速主保护, 保证发电机的安全运行。发电机主保护动作后跳开主断路器、灭磁开关、6kV 厂用工作电源断路器, 同时为了防止汽轮机因突然甩负荷而发生超速导致损坏设备, 还由主保护动作的出口继电器触点作用于关闭汽轮机自动、电动主汽门, 发电机主断路器掉闸后还联动汽轮机调速系统迅速关闭高、中压缸的进汽自动主汽门和调汽门, 以确保汽轮机不发生飞车事故。电厂与变电所相距 1.5km, 为使线路故障时保护装置快速动作, 利用光缆作通道的纵差保护予以实现。断路器失灵保护也借光缆来实现对方断路器跳开, 以保证机组故障后不因发电机主断路器拒动而导致系统稳定运行破坏。

每台机组高压厂用电设 6kV 母线 2 段, 两机共 4 段, 采用北京开关厂生产的开断电流为 40kA 的真空断路器和 F—C 回路柜组成的混合型供电网络, 具有性能优良、不燃不爆、允许频繁操作、占地面积小、热稳定性好的特点。公用的高压起动/备用变压器由冶峪变电站来的 110kV 线路供电。开机前由高压起动/备用变压器给厂用负荷供电, 并网运行中各机由本

机的高压厂用变压器供电。低压厂用电系统采用中性点直接接地和不直接接地两种方式,供机炉附属设备用电,小电流系统主要对重要负荷供电,大电流系统主要对公用负荷或主厂房内的照明、检修及主厂房外系统供电,方便各种用电需求,为了减少高压大电动机启动时及高、低峰时电压的变化对照明电压的影响,照明变压器采用了真空有载调压装置。事故保安电源至五期保安变引一趟到 770 断路器,保安各段备用电源断路器均可实现联动,作为第一备用电源,第二备用电源采用了快速启动应急型 500kW 柴油发电机组,各分段对应备用电源开关也具有联动功能。

每台 300MW 机组各设有两段 220V 直流控制母线和一段 220V 动力直流母线,各自独立供电,控制系统有两套工作硅整流装置及一套公用备用硅整流装置,动力系统配有工作和备用硅整流装置各一套,并带有端部蓄电池调节装置。每台机组各设一套 UPS 装置,自带蓄电池组为免维护型,可保证计算机的正常安全、连续运行,以及全厂停电后热控仪表、调节装置等仍能正常工作。

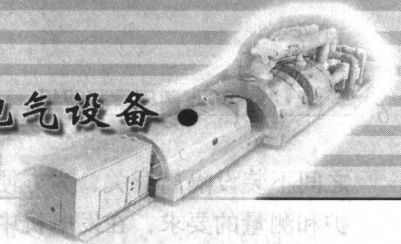
烟气除尘使用电除尘器,为干式除尘,大致过程为当对放电电极通以高压直流电,使其电位差足以在电极周围发生电晕时,该电极附近的气体就会由于电离而产生出大量的正离子和电子。正离子逐渐趋向电动机最后被中和,电子在离开电晕区域后速度不断减慢,最后附着在气体分子上形成负离子。负离子在电场力的作用下向阳极移动,很快充满整个电场空间。如果含尘的烟气进入电场,其中的烟尘粒子就会以一定的几率被负离子碰撞而带电,带电的尘粒以一定的速度向阳极板趋进,到达阳极板就释放电荷,尘粒附着在极板上,积聚到一定厚度后,借助振打作用,使尘粒从阳极板表面剥落进入灰斗。

300MW 机组采用西屋 WDPF—II 型控制分散控制系统,它的显著特点是:由多个基本控制单元去控制复杂生产过程中的局部系统;通过 CRT 与数据高速公路交换数据,使得运行人员能够对整个系统集中进行监视、操作、管理等。也就是控制分散、危险分散、管理集中。在对各局部生产过程实现自动控制的基础上,从全局最优的观点出发,把火电厂的运行体系视为一个整体,实现生产过程的全局自动化。分散控制系统由以微处理器为核心的基本控制单元、数据采集站、高速数据通道、上位监控和管理计算机及 CRT 操作站等组成。

基本控制单元是直接控制生产过程的硬件和软件的有机结合体,是分散控制系统的基础,它可以实现闭环模拟量控制和顺序控制,完成常规模拟仪表所能完成的一切控制功能。它有很多个,每个基本控制单元只控制某一局部生产过程,一个基本控制单元故障不会影响整个生产过程。CRT 操作站是用户与系统进行信息交换的设备,它以屏幕窗口或文件表格的形式提供人与过程、人与系统的界面,可以实现操作指令输入、各种画面显示、控制系统组态、系统仿真等功能。高速数据通道是信息交换的媒介,它将分散在不同物理位置上、执行不同任务的各基本控制单元、数据采集站、上位计算机、CRT 操作站连接起来,形成一个信息共享的控制和管理系统。上位计算机用于对生产过程的管理和监督控制,协调各基本控制单元的工作,实现生产过程最优化控制,并在大容量存储器中建立数据库。有的分散控制系统没有设置上位计算机,而是把它的功能分散到系统的其他一些工作站中,建立分散的数据库,并为整个系统公用,各个工作站都可以透明地访问它。数据采集站主要用来采集各种生产现场数据,以满足系统监测、控制及生产管理与决策计算的需要。有的分散控制系统没有专门的数据采集站,而是由基本控制单元来完成数据采集和生产过程控制的双重任务。网间连接器是分散控制系统与其他标准的网络系统进行通信联系的接口,使得系统的通信性能具

有时代要求的开放性。WDPF—II 型系统目前有 4 种类型的 WEStation 工作站, 即工程师工作站、操作员工作站、历史站、记录站。操作员工作站一般有 5 台, 它主要是通过过程图监视生产现场实时参数, 通过操作画面启停或开关设备, 通过曲线显示或查阅某一时段生产过程的参数、状态、操作记录, 它还可以完成系统诊断及状态报告、算法参数调整、系统时间更新、保密级别设置等。工程师工作站具备操作员工作站的所有功能, 系统管理员用它来完成数据库建立、控制逻辑组态、显示图形建立、文件设计及软件加载、历史数据组态、外部通信网络数据链接等任务。历史站的作用是存储和检索历史信息, 如报警、操作和事件顺序信息的存储。记录站的作用是实现值班报表、日报表、事件顺序报表、文本数据/历史数据/现行数据输出、文件输出、报警打印、操作记录输出、屏幕拷贝等功能。热工保护系统一般由输入信号单元、逻辑处理回路(或专用保护装置)及执行机构等组成。热工保护可分为两级保护, 即事故处理回路(包括进行局部操作和改变机组的运行方式)及事故跳闸回路的保护。事故处理的目的是维持机组继续运行。但是, 当事故处理回路或其他自动控制系统处理事故无效, 致使机组设备处于危险工况下, 或者这些自动控制系统本身失灵而无法处理事故时, 只能被迫进行跳闸处理, 使机组的局部退出工作或整套机组停止运行。跳闸处理的目的是防止机组产生机毁人亡的恶性事故, 所以跳闸处理是热工保护最极端的保护手段。

在单元机组运行中, 锅炉和汽轮发电机既要共同保障外部负荷要求, 也要共同维持内部运行参数(主要是主蒸汽压力)稳定。单元机组输出的实际电功率与负荷要求是否一致, 反映了机组与外部电网之间能量的供求平衡关系, 而主蒸汽压力是否稳定, 则反映了机组内部锅炉与汽轮发电机之间能量的供求平衡关系。但是锅炉和汽轮发电机的动态特性差异很大, 即汽轮发电机对负荷请求响应快, 锅炉对负荷请求响应慢, 所以单元机组内、外两个能量的供求平衡关系相互制约, 外部负荷响应性能与内部运行参数稳定性之间存在着固有的矛盾, 这是单元机组负荷控制中最主要的特点。根据这一特点, 为了解决负荷控制中的内外两个能量供求平衡关系, 提出来一种控制系统, 这种控制系统就是协调控制系统。协调控制系统把锅炉和汽轮发电机作为一个整体进行综合控制, 既保证单元机组对外具有较快的功率响应和一定的调频能力, 又保证对内维持主蒸汽压力偏差在允许范围内。协调控制系统的主要任务是: 控制系统接受中调负荷指令或运行人员的负荷给定指令及电网频差信号, 及时响应负荷请求, 使机组具有一定的电网调峰调频能力, 适应电网负荷变化的需要; 协调机炉运行, 在负荷变化较大时, 维持两者之间的能量平衡, 保证主蒸汽压力稳定; 协调机组内部燃料、送风、炉膛压力、给水、汽温等控制系统, 在负荷变化过程中使机组的主要运行参数在允许的工作范围内, 确保机组有较高的效率和安全性; 协调外部负荷请求与主辅机设备实际能力, 在机组主辅机设备能力异常情况下, 根据实际情况限制或强迫改变机组负荷, 实现协调控制系统的连锁保护功能。此外, 六期机组还具有中调远程控制 AGC (也称作自动负荷控制) 功能。



第二章

发电机—变压器—线路组电气系统

第一节 电气主接线

国电太原第一热电厂由于经过多期扩建,建设场地比较紧张,所以 300MW 机组采用发电机—变压器—线路组的接线型式。发电厂一次主接线包括发电机母线侧的接线和升压变压器的接线。设计时考虑满足以下几点要求:

- (1) 运行的可靠性。主接线系统应保证对用户供电的可靠性,特别是保证对重要用户的供电。
- (2) 运行的灵活性。主接线系统应能灵活地适应各种工作情况,特别是当一部分设备检修或工作情况发生变化时,能够通过倒换运行方式,做到不中断用户的供电。
- (3) 主接线系统还应保证运行操作的方便及运行的经济性。

一、单元接线的特点

发电机—变压器—线路组单元接线,在布置上占地面积小,在运行、管理方面方便、可靠。采用了与双绕组变压器组成单元接线而不与三绕组变压器组成单元接线的主要原因是采用三绕组变压器时,发电机出口要求装设断路器,但制造短路电流很大的断路器造价甚高。另外大机组要求避免在出口发生短路,除采用安全可靠的分相封闭母线外,主回路力求简单,尽量不装断路器和隔离开关,而采用双绕组变压器时,就可以不装发电机出口断路器和隔离开关。没有占地面积庞大的高压配电装置,压缩了占地面积,在厂内只有机—炉—电单元控制室,没有网络控制室。这种接线方式对电厂而言具有以下特点:

- (1) 由于厂内不设高压配电装置,不仅解决了占地面积庞大的困难,而且为电厂总布局创造了有利条件,因此可以节省其他部分的投资。
- (2) 为了防止污染,在发电机—变压器出口设置了 220kV 开关小间,厂内六氟化硫断路器等 220kV 配电设备采用了室内布置方案。
- (3) 由于发电机—变压器—线路接线的单元性很强,在单元控制室内操作,使运行管理工作都比较方便。
- (4) 厂内未设 220kV 变电站,所以厂内高压配电装置及辅助设备相应减少,可减少电厂的检修量和投资。运行方式简单可靠,使故障率降低。

二、发电机—变压器—线路组电气接线

发电机—变压器—线路组电气主接线在厂内只设了升压变压器和出口断路器,发电机出口电压为 20kV,升压变压器高压侧为 220kV。220kV 母线设置在距电厂 1.5km 处的冶峪变电站,该站 220kV 系统电气主接线采用双母线分段形式。厂内部分每个单元由发电机、变压器、断路器等构成。发电机出口主回路采用离相封闭母线,在主变压器低压侧和发电机出口

之间不装设隔离开关,为方便检修和试验,在封闭母线上装设可拆端子和接地开关。根据保护和测量的要求,在发电机中性点和出线侧装设 8 组电流互感器,发电机封闭母线内装设 2 组电流互感器,在发电机出口装 3 组三绕组电压互感器。为保证机组安全,避免雷电波侵入损坏发电机绝缘,在发电机出口装设了 1 组氧化锌避雷器。发电机采用了中性点经消弧线圈接地方式,用来补偿发电机定子单相接地电容电流,减小电容电流对定子铁芯的烧损程度,减少发生间歇性电弧接地过电压的可能性。根据资料,发电机电压系统每相对地电容值为 $0.26938\mu\text{F}$,单相接地电容电流为 2.93A ,考虑发电机回路采用欠补偿方式,选用消弧线圈为 XDG—35/20/ $\sqrt{3}$ 型,额定电压为 $1.05 \times 20/\sqrt{3}\text{kV}$,额定容量为 35kVA ,额定电流为 2.6A ,9 挡分接抽头,电流调节范围为 $2.2 \sim 3.0\text{A}$,二次侧电压为 100V 。升压变压器接线为 Ynd11 型,高压侧 220kV 有中性点接地开关,可根据系统零序电流分布及调度方式进行投退,变压器中性点过电压保护只装设棒状间隙,不装设避雷器,中性点还装有电流互感器供继电保护使用。

高压厂用工作变压器从发电机出口直接引出,使用了可拆连接方式,低压侧采用共箱式封闭母线,高压厂用工作变压器采用分裂绕组变压器,低压侧分别供厂用 6kV A、B 段(对应 13 号机组为 E、F 段,14 号机组为 G、H 段)。从发电机出口经隔离插头带发电机电压互感器和避雷器。

升压主变压器高压侧至出线断路器间采用架空导线,在出线隔离开关的两侧分别装设了接地开关,并与出线隔离开关间有机闭锁。在出线开关外侧装设了线路电压互感器,以供继电保护和同期鉴定及运行检测防误闭锁等使用。为了防止进行波对运行设备造成损坏,在进线侧装设 Y10W5—200/520 型避雷器。同时,根据入波的陡度,发电机侧过电压倍数可能高于变压器高压侧倍数,在主变压器低压侧和发电机之间增加了过电压保护设备,装设了 Y3B—25.4/58 型避雷器。高压启动/备用变压器电源由 110kV 线路引接,中性点采用直接接地方式。

第二节 电气系统的运行

300MW 发电机—变压器—线路组由于采用了单元接线,厂内无 220kV 变电所。所以,从运行方式上讲,比较简单可靠,但单元机组也有其自身的特点,这些都可能对机组的稳定运行产生影响,故对单元机组运行方式上的特点也应注意,防止事故发生和重大设备的损坏。

一、主变压器 220kV 中性点运行方式

由于电网中 220kV 系统是中性点直接接地系统,所以主变压器高压侧中性点接地开关直接接地。接地开关的开合可根据系统零序电流的分配,由调度决定。但为了防止操作过电压,在主变压器送电操作时,必须合上中性点接地开关。在主变压器已投入正常运行后,接地开关的开合则根据调度命令执行。

二、发电机组并列和解列时厂用电的运行方式

由于采用了发电机出口带厂用电的接线方式,所以在发电机停机过程中负荷降至 30MW 左右时,应将高压厂用变压器带厂用电切换为由高压启动/备用变压器带厂用电运行。这样,

在停机过程中,机、炉等厂用电气设备不会失电,从而保证厂用电源正常。在并机前,机、炉等辅助设备的起动,均由高压起动/备用变压器来供电,以保证机组的正常起动。

发电机并网后,机组运行正常,机炉设备稳定运行,负荷带至 50MW 左右时,可根据调度的命令,将厂用电由高压起动/备用变压器切换为本机组的高压厂用变压器供电。此时高压备用变压器处于备用被联动状态。

三、厂用 6kV 非正常方式对发电机运行的影响

从厂用电配置来看,高压厂用变压器采用了分裂绕组,6kV 的 A、B 段从这两个绕组分别引出。机炉重要的负荷(双系统)交叉分布接在 A、B 段上,当任何一段母线故障(或由其他原因引起的异常)时,只影响到一套系统,此时发电机的出力将受到限制,由于一套系统运行锅炉出力只能达到额定的 55%,发电机负荷可带至 150MW 左右。

四、发电机与系统解列单带厂用电

当 220kV 系统故障或出线断路器线路侧发生故障时,主断路器跳闸,发电机和系统解列,此时发电机单独带厂用电运行,负荷为额定值的 10% (30MW) 左右,这时,由于和系统解列必须注意以下问题:

- (1) 严格监视厂用电母线电压和发电机频率在允许范围内。
- (2) 避免非同期并列,严防并列倒换操作,若要倒换时,应采用停电倒换法。
- (3) 若要倒换厂用电时,必须采用手动准同期方式合备用电源。

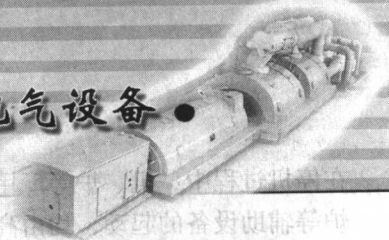
五、发电机无功负荷的调整和系统的联系

同步发电机不仅是有功电源,也是无功电源,无功负荷的大小影响到电压的质量,300MW 发电机所带无功出力大小和系统的电压水平及主变压器的分接头位置都有着直接的联系。影响无功功率输出的因素有以下原因:

系统无功电源比较充足,系统电压偏高时,无功需求量过剩,此时发电机在额定电压下将输出较小的无功功率。当系统电压偏低时,发电机在额定电压下将输出较大的无功功率。为了限制输出无功功率,此时发电机端电压往往低于额定值。

变压器的二次绕组是输出电能的,其额定电压应比线路额定电压高 5%,但由于变压器二次绕组的额定电压是指空载时的额定电压,当变压器带负荷运行时,电流通过绕组要产生损耗,为了使二次绕组在带额定负荷运行时实际输出电压仍高于 5%,按照有关规定,对于阻抗大的变压器,二次侧绕组额定电压应比线路额定电压高 10%,对于额定电压为 220kV 的变压器,其出口电压为 $1.1U_N$ 。即 242kV,合理选择变压器分接头位置可以提高无功出力。

从上述分析可以看出,解决发电机无功出力的问题可通过改变主变压器分接头的办法来达到,以满足于电网要求和发电机运行的要求。但在实际运行中,由于电网无功功率需求量变化大,电压变化范围大,调高或调低均不合适。只有在系统电压变化范围不大时,才可根据实际情况调分接头。提高主变压器分接头后,可能会给电气设备带来一些问题,如一次电压升高时,电压互感器二次电压也要升高,这样在发电机并列时,主变压器 220kV 侧电压互感器和发电机侧电压互感器测量的电压相差大,给同步并列造成不利因素。这是在并列操作时要加以注意的问题。



第三章

厂用电系统

第一节 6kV 系统概述

一、高压 6kV 系统概述

国电太原第一热电厂 11、12、13、14 号机组厂用电系统分 6kV 和 380V 两个电压等级，高压 6kV 系统分为 A、B、C、D、E、F、G、H 8 个母线段，其中 6kV A、B 段主要供 11 号单元机组的厂用电，6kV C、D 段主要供 12 号单元机组的厂用电，6kV E、F 段主要供 13 号单元机组的厂用电，6kV G、H 段主要供 14 号单元机组的厂用电。

6kV A、B 段的工作电源取自 11 号发电机的出口，经 11 号高压厂用工作变压器 (11GCB) 将发电机出口的 18kV 电压降压为 6kV 电压运行；6kV C、D 段的工作电源取自 12 号发电机出口，经 12 号高压厂用工作变压器 (12GCB) 将 12 号发电机出口的 18kV 电压降压为 6kV 电压运行；6kV E、F 段的工作电源取自 13 号发电机的出口，经 13 号高压厂用工作变压器 (13GCB) 将发电机出口的 20kV 电压降压为 6kV 电压运行；6kV G、H 段的工作电源取自 14 号发电机的出口，经 14 号高压厂用工作变压器 (14GCB) 将发电机出口的 20kV 电压降压为 6kV 电压运行。11、12 号厂用高压变压器均采用三绕组分裂变压器，型号为 SFPP—50000/18，13、14 号厂用高压变压器均采用三卷分裂变压器，型号为 SFF7—40000/20。

6kV A、B、C、D 段的备用电源取自冶峪变电站 220kV 母线，经架空线送至国电太原第一热电厂后接至 1 号高压启动/备用变压器，降压为 6kV 电压后送至 6kV 备用 1 段、6kV 备用 2 段，再由高压动力电缆分别送至 6kV A、B、C、D 段备用断路器下口；6kV E、F、G、H 段的备用电源取自冶峪变电站 110kV 母线，经电缆送达后接至 2 号高压启动/备用变压器，降压为 6kV 电压后送至 6kV 备用 3 段、6kV 备用 4 段，再由高压共箱封闭母线分别送至 6kV E、F、G、H 段备用断路器下口。高压启动/备用变压器也是三绕组分裂变压器并采用了有载调压装置。当负荷变化或系统电压变化时，在一定范围内可调节 6kV 母线电压，改善运行条件，有利于用电设备的安全。厂用电系统接线图见图 3-1、图 3-2。

由于厂用电的工作电源取至本机出口而备用电源取至系统，为了防止倒换时发生非同步并列，6kV A、B、C、D、E、F、G、H 段在电源断路器处设有同步检查点，工作电源设在 6A01、6B01、6C01、6D01、6E01、6F01、6G01、6H01 断路器处。备用电源设在 6A16、6B16、6C16、6D16、6E02、6F02、6G02、6H02 断路器处，给 6kV 母线充电或工作电源与备用电源倒换时均要经同步检查，符合同步条件时才能操作使被并列电源断路器合闸。

二、设备的配置

1. 1 号高压备用变压器小间的设置

高压备用变压器 6kV 侧为了分配负荷和减少电源电缆故障对备用电源电压的影响，设