



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

火电机组集控运行

尹 静 谢 新 主 编
林 祥 叶海军 副主编

行 动 导 向 式



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

火电机组集控运行

主 编 尹 静 谢 新
副主编 林 祥 叶海军
编 写 张 强 张海军
主 审 牛卫东



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。

本书以 300、600MW 及以上机组为研究对象,融入单元机组汽轮机、锅炉、电气、热控四个方面的知识,引入新技术,以反映单元机组运行方面的先进水平,同时依托火电机组仿真系统,配有相关操作项目及练习软件,供学生上机实训。

全书共包括 7 个项目,分别介绍了火电机组集控运行基础知识、辅助系统运行、亚临界压力机组(配汽包锅炉)整体启动、超临界压力机组整体启动、单元机组正常停运、机组运行监视与调峰运行、典型事故分析与处理。

本书可作为高职高专电力技术类火电厂集控运行、电厂热动力装置专业的教材,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

火电机组集控运行/尹静,谢新主编. —北京:中国电力出版社, 2016. 2

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5123-8633-4

I. ①火… II. ①尹… ②谢… III. ①火力发电—发电机组电力系统运行—高等职业教育—教材 IV. ①TM621.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 290173 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>)

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16 印张 386 千字

定价 32.00 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

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。

本书按照“工学结合”的原则，以生产任务为导向，以实训项目为驱动，将学生需掌握的理论知识与实践技能融合在若干个学习项目中，充分利用火电机组仿真系统，实施“教、学、练”一体化的立体教学方法，真正实现了将生产过程融入教学项目，具有独特性、科学性、开拓性，适合现代企业对学生的技能素质要求，符合职业教育的特点和规律，体现了职业教育的性质、任务和培养目标，符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求。

本书将“火电机组集控运行”课程进行模块化调整，融合项目操作的具体步骤指导，融理论分析和实际操作指南为一体，实施项目教学法，强化学生的操作技能，注重培养学生分析问题、解决问题的能力。

本书由山东电力高等专科学校尹静和武汉电力职业技术学院谢新担任主编，山东电力高等专科学校林祥和武汉电力职业技术学院叶海军担任副主编，湖北汉新发电有限公司张海军参与编写。其中，尹静编写项目1，项目2任务4，项目3任务2、5，项目5；林祥编写项目2任务1，项目3任务3，项目7任务2、3；叶海军编写项目2任务2、3、5、7，项目3任务4；谢新编写项目2任务6，项目3任务1，项目4任务2、3，项目6；张海军编写项目4任务1，项目7任务1。

本书由国网技术学院牛卫东教授主审，主审老师对书稿进行了认真仔细的审阅，并提出了许多宝贵意见，本书在编写过程中得到了张强老师等电厂技术人员的帮助和支持，在此一并表示衷心感谢。

编 者

2015年12月

目 录

前言

项目 1	火电机组集控运行基础知识	1
	任务 1 单元机组及仿真系统认知	1
	任务 2 集控运行内容及岗位职责	8
	任务 3 单元机组启停方式的选择	15
项目 2	辅助系统运行	20
	任务 1 厂用电系统送电	20
	任务 2 公用系统的运行	29
	任务 3 凝结水系统和给水系统的运行	38
	任务 4 汽轮机润滑油系统的运行	47
	任务 5 轴封、真空系统的运行	55
	任务 6 发电机冷却系统的投入	61
	任务 7 风烟系统的运行	73
项目 3	亚临界压力机组（配汽包锅炉）整体启动	83
	任务 1 锅炉吹扫、点火与升温升压	84
	任务 2 汽轮机冲转与升速	101
	任务 3 机组并列带初负荷	114
	任务 4 机组升负荷至满负荷	124
	任务 5 热态启动	135
项目 4	超临界压力机组整体启动	142
	任务 1 锅炉启动系统及冷、热态冲洗	143
	任务 2 汽轮机中压缸启动	154
	任务 3 锅炉转直流运行	160
项目 5	单元机组正常停运	168
	任务 1 亚临界压力机组正常停运	169
	任务 2 超临界压力机组正常停运	178
项目 6	机组运行监视与调峰运行	188
	任务 1 机组运行监视与调节	188
	任务 2 机组调峰运行	200

项目 7

典型事故分析与处理	214
-----------------	-----

任务 1 锅炉常见故障诊断及处理	216
-------------------------	-----

任务 2 汽轮机常见故障诊断及处理	226
--------------------------	-----

任务 3 电气常见故障诊断及处理	238
-------------------------	-----

参考文献

.....	247
-------	-----

项目 1

火电机组集控运行基础知识



【项目描述】

大型火力发电厂普遍采用单元制系统,将汽轮机、锅炉、电气紧密联系在一起,组成一个不可分割的整体,即单元机组。通常采用集控运行技术实现对单元机组的监视和控制。本项目立足于火力发电厂运行岗位,借助仿真实训系统,了解单元机组的组成特点和集控运行技术的内容与发展,为开展单元机组集控运行技能训练做好准备。



【教学目标】

一、知识目标

- (1) 掌握单元机组的组成、特点及主要设备运行技术参数。
- (2) 了解集控运行的概念和内容。
- (3) 熟悉仿真机各操作站的操作界面。
- (4) 了解相关集控运行岗位职责和运行规程。
- (5) 掌握单元机组启停方式及分类。

二、能力目标

- (1) 掌握三大主机设备规范。
- (2) 掌握仿真机操作站的操作界面和操作方法,能熟练进行 DCS 画面切换及系统状态识别。
- (3) 掌握《仿真机组的运行规程》的使用。
- (4) 能依据机组初始状态明确机组启动方式。



【教学环境】

- (1) 能容纳一个教学班级的火电机组仿真实训室。
- (2) 多媒体教学系统。
- (3) 火电机组仿真系统若干套,以保证学生能实施小组教学(每组 3 或 4 人)。
- (4) 主讲教师 1 名,教学做一体的实训指导教师 1 名。

任务 1 单元机组及仿真系统认知



【教学目标】

一、知识目标

- (1) 掌握单元机组的组成、特点。

- (2) 了解单元机组的类型及当前机组的发展趋势。
- (3) 掌握仿真机组技术特点及主要设备运行参数。

二、能力目标

- (1) 掌握仿真机组三大主机设备规范。
- (2) 熟悉仿真机操作员站、就地站的操作界面。



【任务描述】

随着国民经济的快速发展,电力需求随之增长,电力系统也在不断扩大,为获得较高的经济性及安全可靠,采用单元机组集控运行技术的大容量、高参数、高自动化机组已成为电力发展的必然趋势。

本节任务是加强学生对大型火电机组组成模式、机组类型的了解,并借助仿真机熟悉锅炉、汽轮机、发电机设备的结构和性能参数,掌握操作仿真机各功能站的基本技能,为开展单元机组集控运行工作打好基础。



【任务准备】

- (1) 什么是单元机组?单元机组有什么特点?
- (2) 仿真机组三大主机的技术特点和设备规范是什么?



【相关知识】

一、单元机组的组成

火力发电厂中,锅炉与汽轮发电机之间的联系存在着两种模式:母管制和单元制。

在母管制系统中,将所有锅炉产生的蒸汽集中到蒸汽母管,再将蒸汽由蒸汽母管分配到各汽轮机和其他用汽处。母管制系统中锅炉和汽轮机之间没有直接的一一对应关系,每台汽轮机所需要的蒸汽来自一组锅炉,每台锅炉只承担一台汽轮机所需蒸汽的一部分,负荷变化对每台锅炉的影响较小。因此,在母管制系统中,锅炉和汽轮机的控制系统是相互独立的。为了方便控制,电厂会将一定数量的锅炉设为定负荷运行锅炉,将剩余的设定为调压运行锅炉。当发电量或用汽量发生变化时,首先通过改变汽轮机的调节汽门开度满足负荷要求,然后通过改变调压锅炉的燃烧率来保持主蒸汽母管压力的稳定。母管制系统结构复杂,主蒸汽管道较长、阀门多、投资费用比较大,适合参数不太高,汽轮机、锅炉容量不完全配套的供热机组,以及大型企业自备电厂。

随着经济的快速发展,电能需求不断增长,高效、低污染的大容量火电机组已成为发电的主力机组。随着机组容量的增加,母管制系统存在的问题越来越突出。同时,对机组的可靠性提出了更高的要求,于是出现了单元制机组。单元制机组中每台锅炉直接向所配合的一台汽轮机供汽,汽轮机再驱动发电机,发电机所发的电功率直接经一台升压变压器送往电力系统,组成了锅炉—汽轮机—电气纵向联系的独立单元。除机组启停过程中公用蒸汽系统互为备用外,各独立单元之间没有大的横向联系。各单元自身的辅助设备所需蒸汽均用支管与各单元的蒸汽总管相连,各单元自身所需的厂用电取自本发电机电压母线。锅炉、汽轮机、发电机与变压器直接联系的系统所组成的机组称为单元机组。典型的单元机组系统如图 1-1

所示。大型火电机组通常采用单元制运行方式。在单元制运行方式中,锅炉和汽轮发电机组成一个整体,共同满足外部负荷需求,也共同维持内部参数的稳定。

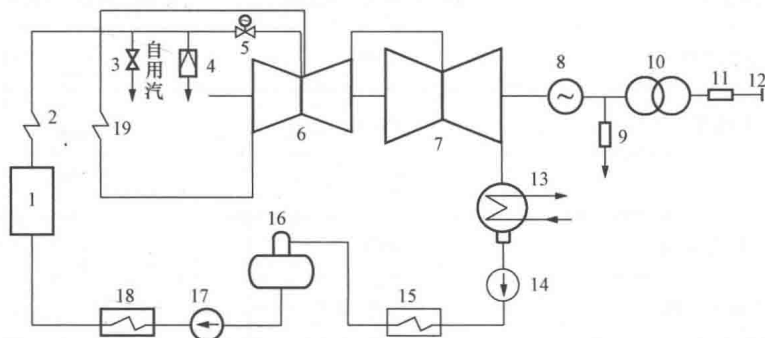


图 1-1 单元机组系统

- 1—锅炉；2—过热器；3—阀门；4—减压阀；5—电动主汽门；6—高、中压缸；
7—低压缸；8—发电机；9—厂用电开关；10—变压器；11—发电机开关；
12—母线；13—凝汽器；14—凝结水泵；15—低压加热器；16—除氧器；
17—给水泵；18—高压加热器；19—再热器

二、单元机组的特点

与母管制系统相比,单元机组系统蒸汽管道短,管道附件少,发电机电压母线短,系统简单,投资少,系统本身的事故可能性少,操作方便,且便于滑参数启停,适合集中控制。

单元制系统也存在不足之处。一方面,单元制系统中任一主要设备发生故障时,整个单元机组都要被迫停运,而相邻单元之间不能互相支援;另一方面,不同单元的锅炉、汽轮机、发电机之间不能切换运行,运行的灵活性较差。当外界负荷发生变化时,汽轮机改变调节汽门开度适应负荷要求,单元机组没有母管的蒸汽容积可以利用,而锅炉的调节反应周期较长,汽轮机、锅炉之间的特性差异易引起汽轮机入口主蒸汽压力的波动,使得单元机组的负荷适应性较差。

为适应高效益、低排放和资源节约型、环境友好型发展的需要,我国目前将优先发展单机容量在 600MW 以上的超临界及超超临界压力机组,限制发展单机容量 300MW 以下的纯凝汽机组。新建发电厂安装容量为 200MW 以上机组时,一般采用单元制系统。对于采用再热式机组的发电厂,主蒸汽管道和再热蒸汽管道往返于锅炉和汽轮机之间,各机组的再热蒸汽压力随机组负荷而变化,不可能保持一致,无法并列运行。因此,对于再热式机组,也必须采用单元制。

三、单元机组的类型

1. 按压力等级分类

为了更好地节约能源、保护环境,电力企业一直致力于降低供电煤耗率和减少污染物排放,不断推广和发展高参数、大容量火电机组。我国火电机组从中低压机组、高压机组发展到超高压、亚临界、超临界、超超临界压力机组。单元机组依照工质压力等级分类见表 1-1。

提高发电机组的容量和参数已成为我国电力工业发展的重要方向。在我国,中压以下的火电机组已基本不存在。高压机组主要有 50MW 级和 100MW 级两种,其主蒸汽压力为 10MPa,锅炉容量分别为 220t/h 和 410t/h,目前该类机组也已很少,处在关停状态。

表 1-1 火电机组按压力等级分类

机组种类	主蒸汽压力 (MPa)	主蒸汽温度/再热蒸汽温度 (℃)
中低压机组	3.92	450
高压机组	约 10	540
超高压机组	约 14	535~540
亚临界压力机组	约 17	535~540
超临界压力机组	>22.11	570
超超临界压力机组	>25	>593

与超高压机组配套的锅炉容量为 420t/h 和 670t/h，对应的机组容量分别为 125MW 和 200MW。该等级的机组主要是 20 世纪 90 年代前后的过渡机型，总量较少，多采用一次蒸汽再热，主蒸汽和再热蒸汽温度为 535~540℃。

亚临界压力机组是我国的主力机组，一般有 300MW 和 600MW 两种容量等级，配套锅炉为 1000t/h 和 2000t/h 两种，主蒸汽压力为 16~17MPa，主蒸汽和再热蒸汽温度为 535~540℃。该等级机组普遍采用先进的 DCS 系统，实现了集中控制。

近几年，超临界和超超临界压力机组得到了大量应用，技术已趋于成熟，也是今后我国应用的主要方向。水的临界状态是指压力为 22.115MPa、温度为 374.12℃下的状态，此时，蒸汽的比体积和水的比体积相等，水和汽的差别消失，水的完全汽化会在一瞬间完成。当机组参数高于这一临界状态参数时，通常称其为超临界参数机组。超超临界机组是在超临界机组参数的基础上进一步提高蒸汽压力和温度，代表了机组技术参数或技术发展的更高阶段。国际上通常把主蒸汽压力在 24.1~31MPa、主蒸汽温度/再热蒸汽温度为 580~600℃/580~610℃的机组定义为超超临界机组。国内公认的超超临界机组参数起点压力高于 25MPa 或温度高于 593℃。

国内超临界压力机组的压力普遍为 25MPa，主蒸汽、再热蒸汽温度为 570℃左右，广泛采用 P91、T91 等先进管材；超超临界压力机组的压力为 29MPa 左右（也有部分机组仍采用 25MPa，如山东邹县电厂 1000MW 机组的额定蒸汽压力为 25MPa），主蒸汽、再热蒸汽温度为 600℃左右。超临界压力机组容量一般都在 600MW 以上，机组循环效率为 42%~43%，供电煤耗率一般在 300g/(kW·h) 左右；超超临界压力机组容量一般为 600~1000MW，机组循环效率为 43%~45%，供电煤耗率一般在 280g/(kW·h) 左右。

2. 按机组容量等级分类

随着电力生产的发展，我国火电机组的总装机容量不断增加，火电机组单机容量从新中国成立初期的 50MW，逐步发展到二十世纪七八十年代的 125~300MW，进而达到目前的 300MW 以上、以 600MW 为主的水平，至 2006 年单机容量已突破 1000MW。我国各容量等级首台火电机组投运时间见表 1-2。我国 125~200MW 机组多配备超高压锅炉，300MW 机组多配备亚临界压力锅炉，而容量为 600MW 以上的机组广泛采用超临界压力机组。

表 1-2

我国各容量等级首台火电机组投运时间

机组容量 (MW)	电厂名称	投运时间	机组容量 (MW)	电厂名称	投运时间
6	澜桥热电厂	1953 年	300	望亭发电厂	1974 年 11 月
12	重庆发电厂	1958 年 8 月	500	神投第二发电厂	1992 年 7 月
25	阜新发电厂	1952 年 9 月	600	平圩发电厂	1989 年 11 月
50	抚顺发电厂	1953 年 3 月	800	绥中发电厂	2000 年 6 月
100	吉林热电厂	1958 年 11 月	900	外高桥第二发电厂	2004 年 4 月
125	吴泾热电厂	1969 年 9 月	1000	玉环发电厂	2006 年 11 月
200	朝阳发电厂	1972 年 2 月			

3. 按锅炉类型分类

(1) 按循环方式分类。火电机组中的锅炉按水循环方式可分为自然循环锅炉、强制循环锅炉和直流锅炉。

1) 自然循环锅炉。水冷壁管内工质的流动是依靠上升管和下降管之间工质的密度差,建立循环压头产生的自然循环,该种锅炉只适用于亚临界压力及以下锅炉。

2) 强制循环锅炉。在水冷壁与下降管之间设有循环泵,克服流动阻力,确保水循环安全可靠,适用于亚临界压力锅炉。

3) 直流锅炉。从水到过热蒸汽出口,依靠给水泵压力一次通过各受热面的锅炉,适用于高压以上至超超临界压力锅炉。

(2) 按制粉系统分类。锅炉的制粉系统可分为中间储仓式制粉系统和直吹式制粉系统两种。中间储仓式制粉系统是将磨好的煤粉先储存在煤粉仓中,然后按锅炉负荷的需要,通过给粉机将煤粉仓中的煤粉送入炉膛中燃烧;而直吹式制粉系统是用给煤机把煤输入磨煤机并磨制成煤粉后,直接送入炉膛燃烧。

近十年来,300MW 以上的机组普遍采用中速磨煤机冷一次风正压直吹式制粉系统,新建机组已很少采用中间储仓式制粉系统。

(3) 按燃烧方式分类。从燃烧方式上锅炉可以分为切圆燃烧方式和墙式对冲燃烧方式。切圆燃烧方式的优点是结构简单,煤种适应性强,可燃用从无烟煤至褐煤所有的煤种;缺点是燃烧器间需要配合才能安全运行,炉膛出口存在烟气的残余旋转,易造成两侧温度偏差,且容量越大偏差越大;墙式对冲燃烧方式一般采用旋流燃烧器,炉膛出口烟气温度偏差很小,但对煤种适应性较差,只能燃用燃烧特性较好的煤种。

目前,国内 300MW 以下机组以切圆燃烧技术为主,600MW 机组中两种燃烧技术基本处于相当水平,600MW 以上的机组若采用切圆燃烧技术,则一般采用双切圆燃烧,以减少炉膛出口的残余旋转。

四、仿真实训系统

火电机组仿真机是以物理原理为基础,通过数学模型模拟发电厂中汽轮机、锅炉、电气、热控等各系统及设备在各种工况下的运行,为受训者提供一个和现场机组高度相似的运行环境,以提高火电机组运行人员的操控水平为目的而建立的仿真系统装置。仿真对象多选择真实电厂的实际机组。

1. 仿真机的硬件组成

仿真机由服务器、计算机和其外接设备（如投影仪、打印机等）组成，而仿真机的运行则是由软件驱动来实现的。因此，仿真机的构成包含硬件和软件两个方面。

仿真机系统的硬件包括服务器、工程师站、教练员站、就地操作站、操作员站、投影仪、打印机、交换机等，如图 1-2 所示。工程师站、教练员站、就地操作站、操作员站均作为服务器网络系统的一个节点，通过网络与服务器相连。

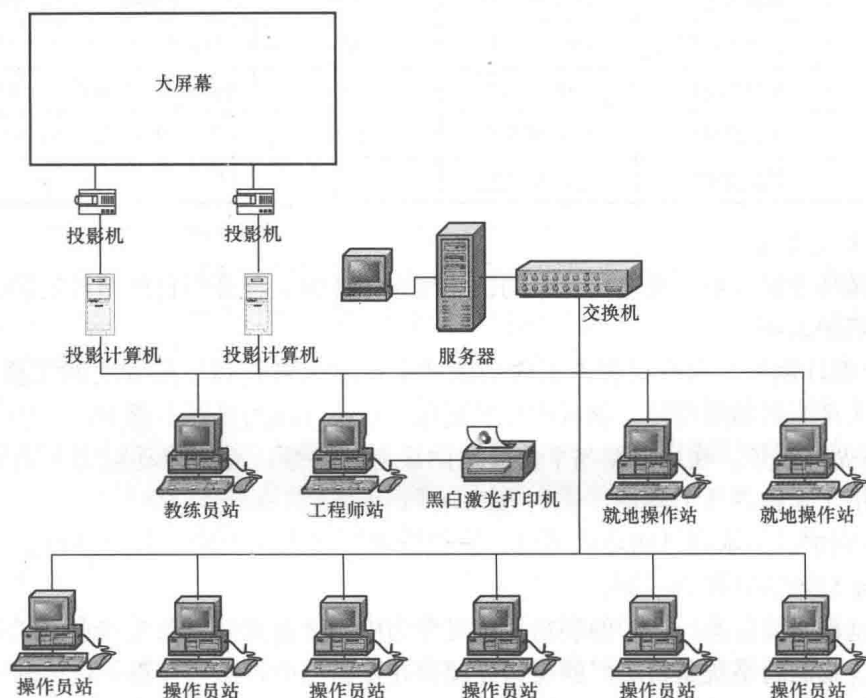


图 1-2 仿真机系统组成

(1) 服务器。服务器是仿真机的核心，通过运行各种软件，驱动网络系统中的所有设备。软件一般包括仿真机的支撑软件、网络系统的驱动软件等。

(2) 工程师站。工程师站安装仿真模型组态文件及 DCS 组态文件，是模型工程师建立和调试模型软件及修改 DCS 控制逻辑的操作台。该站也可用作监控机组运行的操作员站。工程师站一般由计算机工作站构成，可配有打印机。工程师可使用工程师站功能，进行各种打印，包括系统组态图、逻辑图、所有的整定参数、模型的所有信息等。

(3) 教练员站。教练员站是教练员控制仿真机系统运行、实现培训功能、监视与评价受训人员操作的人机平台。教练员站一般由一台计算机构成。

教练员使用教练员功能可方便地控制和监视学员的操作；可根据学员的业务能力选择组合培训项目；教练员可借助于工程师站访问实时数据库的任何项目；教练员通过键盘或鼠标可以文字、数据、表格、图形等形式在彩色 CRT 上进行各种显示；可进行学员操作的成绩评定等功能。

(4) 操作员站。操作员站是模拟集控室中的操作控制站，既具有监视功能，又具有控制功能，实现运行人员监视、控制、操作、管理整个单元机组的目的。

(5) 就地操作站。实际电厂机组运行过程中，部分操作是在主控室以外的设备安装地进

行的。为了保证运行过程的完整性,在仿真实训过程中,需要全部或部分进行这些操作。因此,在仿真机中设置了就地操作站。就地操作站一般由高性能计算机连接大屏幕投影、CRT等显示设备构成。

2. 仿真机的软件构成

仿真机的硬件是仿真机的物理表现,而仿真机的硬件系统的运行是由软件驱动实现的。

(1) 服务器操作系统软件是计算机运行的基础,为用户提供一个基本操作使用环境。

(2) 仿真支撑系统软件是一个大型应用软件,支撑系统软件的水平标志着仿真技术的高低。仿真支撑系统软件是一先进的仿真应用软件,为模型开发人员即模型工程师提供了较好的工程模块化和图形化建模,以及验模环境。模型工程师不必具有太多的计算机知识,更不需要具有软件开发的能力,只要熟悉被仿真对象的物理机理,根据物理机理进行模块搭接或图符连接,使用模块或图符方式来描述被仿真对象的物理过程,就完成了模型的建立过程。

仿真支撑系统为用户提供了在线修改、调试模型的手段,模型工程师可以根据需要在线修改模型,并可立即得到修改后的结果,直到模型能够正确反映被仿真对象的物理过程,从而完成了调试模型的过程。另外,仿真支撑系统还有丰富的工程师和教练员功能。

工程师和教练员功能软件是模型工程师建立和调试模型、控制模型运行的管理软件,在仿真支撑系统软件的支持下运行,能为工程师和教练员提供方便、美观的操作界面,并实现所需的各种功能。功能软件的性能和功能的丰富性也是仿真软件水平高低的重要标志。

仿真模型软件是为仿真电厂生产过程而建立的软件。对于仿真支撑系统来说,仿真模型软件是支撑系统生成的数据文件,该文件存储的内容是模型工程师建立的模型模块和模块间的连接关系。只有支持工程模块化建模方式的仿真应用软件才具有该种特点。

(3) 监控操作站管理软件是运行在监控操作台上的应用软件,负责在监控操作台上显示所有的操作画面,并根据仿真机的运行变化对显示画面进行实时更新;接收学员在监控操作台上所做的操作,并根据操作切换或更新显示画面,控制模型的运行。监控操作台管理软件是根据实际电厂的监控操作台的具体要求而开发的,不同的仿真机可能有所差别。对于具有工业键盘的监控操作站,管理软件还包括工业键盘的驱动软件。

(4) 就地操作站管理软件是运行在就地操作站上的应用软件,负责在就地操作站上显示所有的画面,并根据仿真机的运行变化对显示画面进行实时更新;接收学员在就地操作站上所做的操作,并根据操作切换或更新显示画面,同时控制模型的运行。就地操作台管理软件是根据被仿真的实际电厂的具体要求而开发的,不同的仿真机具有很大差别。

3. 仿真培训功能

火电机组仿真机依据参考机组的实际运行特性、运行规程和培训要求,为受训人员提供与参考机组相似的各种运行特性,包括机组正常操作、异常操作和误操作时的运行特性,控制系统的自动投入与切除时的动态特性,以及由教练员插入和取消机组模拟故障时的动态特性等。使受训人员熟练掌握机组和设备在各种条件下的启停操作、机组正常运行中各项参数的调整方法及监视工作,通过反事故演习,提高事故处理能力。

(1) 正常运行培训功能。仿真机可连续、实时地仿真参考机组的正常运行状况。仿真机的模型软件可根据具体的运行操作工况,计算出相应的机组测点参数,通过适当的仿真培训界面显示出来,为受训者提供正确的控制、报警和保护系统动作。仿真机提供的机组正常运行工况和操作主要包括:

- 1) 从各设备完全停运的冷态工况启动, 到 100% 负荷工况。
- 2) 机组从热备用工况启动, 到 100% 负荷工况。
- 3) 锅炉、汽轮机、发电机或整个机组跳闸后工况及重新恢复正常运行工况。
- 4) 机组从 100% 负荷工况停机到热备用工况, 及冷却到冷态停运工况。
- 5) 各种工况下对设备或系统进行规程规定的在主控室进行的各种操作和试验 (如联锁试验或汽轮机阀门试验等)。

(2) 故障处理培训功能。仿真机可实时地仿真参考机组设备故障、装置损坏和自动控制功能失灵等异常和事故工况, 教练员通过设置故障程度的大小和故障渐变时间的长短, 为受训人员模拟实际机组的真实故障过程。仿真的故障可由仿真运算结果自然引发, 也可由受训人员误操作引发, 也可由教练员加入引发。



【任务实施】

一、任务要求

- (1) 查阅《仿真机组的运行规程》, 熟悉仿真机组三大主机设备规范。
- (2) 熟悉实训环境, 了解仿真系统的组成并掌握操作员站、就地站的使用方法。

二、实训报告

- (1) 填写“火电机组仿真机的认识”项目任务书。
- (2) 记录仿真系统锅炉、汽轮机、发电机等三大主机技术特点和性能参数。

任务2 集控运行内容及岗位职责



【教学目标】

一、知识目标

- (1) 熟悉集控运行技术的内容及要求。
- (2) 了解集控运行岗位职责和班组管理制度。

二、能力目标

- (1) 熟悉仿真机 DCS 操作界面, 并掌握 DCS 的操控方法。
- (2) 掌握《仿真机组的运行规程》的使用。



【任务描述】

本节任务在了解单元机组集控运行技术概念和运行内容的基础上, 借助仿真机熟悉单元机组控制系统的组成和功能, 并参考现场运行班组人员配置组建课程学习小组, 了解班组管理制度和岗位职责, 通过 DCS 操作界面熟悉集中控制的对象, 掌握 DCS 操作方法。



【任务准备】

- (1) 什么是单元机组集控运行技术?
- (2) 集控运行工作包括哪些内容? 对运行人员有怎样的要求?

(3) 火力发电厂集控运行工作主要有哪些岗位? 班组管理制度是什么?

【相关知识】

一、集控运行技术

集控运行技术泛指利用现代的 4C 技术(即 computer 计算机技术、control 过程控制技术、communication 网络通信技术、CRT 图形显示技术)对现代化的大型连续工业生产过程进行高度自动化的集中监控,以实现生产过程的启停控制、运行状态及参数的监视与调整、事故情况下的紧急处理,从而保证生产线连续、安全、经济运行的综合性操控技术和管理技术,20 世纪 90 年代集控运行技术率先应用于大型火力发电机组和核电工程领域。随着工业控制技术及工业生产管控一体化技术(即 SIS)的成熟和发展,集控运行技术在火电机组中得到了普遍应用。

单元制火电机组中,锅炉、汽轮机、电气纵向联系相当密切,相互构成了一个不可分割的整体。因此,在单元机组的运行中,必须把锅炉、汽轮机、电气看成一个独立的整体来进行监视和控制,也就是所谓的单元机组集控运行。单元机组集中控制便于运行管理和统一指挥,有利于机组的安全和经济运行,已成为我国大型火电机组的主要控制方式。集控运行就是在集中控制室集中控制锅炉、汽轮机、电气的运行。

火电机组主要通过配备先进的 DCS 技术来实现集中控制。分散控制系统(distributed control system, DCS)又称为集散控制系统,是以多台计算机为基础,采用数据通信技术和显示技术,对生产过程进行分散控制、集中管理的系统。目前,国内 300MW 及以上容量的机组基本上都配置了各种型号的 DCS 系统,现在主要应用的 DCS 系统有美国贝利公司的 INFI-90 系统、ABB 公司的 symphony 系统、西屋公司的 WDPF II 和 OVATION 系统、西门子公司的 TXP (TELEPERM-XP)和日立公司 HIACS-3000 等引进设备,以及上海新华控制工程公司 XDPS-400 分散控制系统、上海仪表公司 SUPERMAX-800、山东鲁能控制工程公司 LN2000 等国产设备。虽然分散控制系统产品类型众多,但从构成原理和基本功能上来看都大致相同。

DCS 的集中监视管理部分通常置于主控室内,由运行人员通过 CRT 实现人机对话,达到监视、控制、操作、管理整个单元机组的目的。DCS 的分散控制部分则由各个控制单元组成,按工艺流程设计控制策略,实现控制任务分散、危险分散,也就是当系统局部发生故障时,仅使系统局部性能略有降低,而不会危及整个单元机组的安全运行。

二、集控运行的主要内容

锅炉、汽轮机、电气集中控制的控制对象一般包括锅炉及其燃料供应系统、燃烧及风烟系统、给水除氧系统、汽轮机及其相应的冷却系统、润滑油系统、发电机-变压器组、高压厂用电及直流电源系统等。升压母线及送出线电气系统视具体情况可在集控室内控制或另设网控室控制。

单元机组采用集中控制后,全厂公用系统如化学水处理、输煤、胶球清洗等系统仍采用就地控制或车间集中控制,现在称为辅控。单元机组集中控制不仅要分别考虑锅炉、汽轮机、电气各专业的特殊要求,同时也需综合、全面地考虑它们之间的联系,以便完成对单元机组总体的监视与控制。由于该特殊要求,单元机组集中控制技术远比母管制机组的控制技术复杂,使得越来越先进的控制技术被应用于单元机组的集中控制,同时,对单元机组集控

运行人员的要求也越来越高。

1. 集控运行的要求

在当前集控运行水平的情况下,对单元机组集中控制运行有以下方面的要求。

(1) 在就地配合下,对机组实现启动、停运。

(2) 在机组正常运行情况下,对设备的运行进行监视、控制、维护,以及对有关参数进行调整。

(3) 能进行机组事故的紧急处理。

2. 集控运行的内容

为满足集中控制运行的要求,集控运行的主要内容归纳起来包括监视测量、程序控制、自动保护、自动调节。

(1) 监视测量。机组启、停过程中和正常运行工况下,都可以自动检测运行工况,进行显示、记录、报警、打印制表及性能计算,即数据采集与处理系统(简称 DAS)所包含的内容。DAS 是整个单元机组的信息和操作中心,其主要功能如下:

1) 过程变量的采集和处理。过程变量分模拟量信号和开关量信号两类。模拟量信号包括热电阻测得的温度信号,压力、差压传感器测出的压力、差压、流量、液位信号等,这些信号经过各种变送器转换为 4~20mA 直流电流信号或 1~5V 电压信号后进入 I/O 过程通道。开过量又称为二进制信号,如各风门、阀门的位置开关信号、各种辅机的启停信号及由生产过程中采集到的其他脉冲信号等。

2) DAS 将整个机组的过程变量进行周期性扫描采样。数据采集是运行人员监视机组运行状况和自动控制器控制的依据。

3) CRT 显示/操作。CRT 是运行人员与机组联系的重要接口。DAS 通过 CRT 实现参数和画面显示,包括参数显示、成组参数显示、热力系统显示、报警显示、棒图显示、过程曲线显示、人机对话画面显示等。

4) 报警监视。通过上、下限判断,对过程变量进行越限检查,一旦越限,即在 CRT 上闪烁显示。待运行人员确认后,不再闪烁,恢复后,报警切除。报警限值可以是变量上、下限,也可以是变化率。

5) 打印。打印的内容和打印格式根据用户的要求编制。打印的格式可分为定时打印、周期打印、随机请求打印。打印的内容主要包括周期报表、操作员操作记录、报警记录、事故追忆数据或曲线等。

6) 性能计算。如锅炉效率、汽轮机效率、发电机效率、煤耗率等。

7) 历史数据存储与检索。

(2) 程序控制。根据值班员的指令,自动完成整个机组或局部子系统的启、停,即 SCS 系统(顺序控制或程序控制系统)及 ECS(电气控制)等系统所完成的内容。大型火电机组 SCS 主要有送风机系统、引风机系统、一次风机系统、给水泵系统、循环水系统、汽轮机疏水系统、冷凝器真空系统、吹灰、排污顺序控制、顺序控制自动同期等。

(3) 自动保护。在机组启、停过程中和事故状态下,自动切换设备或系统使机组保持在有利的运行状态,保护设备的安全,自动保护包括 TSI(汽轮机安全监控系统)、BPS(旁路控制系统)和 FSSS(炉膛安全监控系统)等。

(4) 自动调节。自动保持最佳运行参数,使机组安全、经济运行,同时满足电力系统对

机组的发电负荷和运行方式的要求,自动调节包括 CCS (协调控制系统)、DEH (数字电液调节系统)、MCS (模拟量控制系统) 或 AGC (自动发电控制) 等。

三、集控运行管理制度

为了保证单元机组的安全、经济运行,能够很好地完成上级调度部门安排的生产任务,电厂对单元机组集控运行制定了许多相关的运行管理制度,使电厂运行生产有章可循。

1. 安全生产制度

为了确保机组安全发电、供电,保护国家、集体财产不受损失,保护人民生命安全和健康,运行人员必须贯彻执行“安全第一、预防为主”的方针,对运行的各项操作做到准确无误,不得有丝毫差错。

2. 岗位责任制

各电厂根据运行工作各岗位特点、现场设备状况及工作量的大小划分为若干个运行岗位,根据不同的工作岗位性质制定相应的岗位制度,使每个岗位运行人员必须认真执行本岗位的职责,做好本职工作。

3. 交换班制度

全体运行人员应按厂批准的运行人员值班表的规定进行值班,必须严格执行集体交接班制度。交班人员必须向接班人员详细介绍设备运行方式、存在的设备缺陷和异常运行情况,以及已采取的安全措施等。对于重要的设备异动或设备缺陷,应在现场交代清楚。接班人员对于任何疑点必须了解清楚。接班单元长应根据上一班生产运行状况,布置当班工作任务;针对设备存在的缺陷和季节性特点,提出事故预想和安全防范措施。自接班人员签字起,运行值班工作由接班人员负责。

交换班制度内容包括:①交接程序;②交接班的主要项目;③值长召开班前会;④交班后召开生产总结会。

交接班的主要项目包括:①设备、系统运行方式;②设备检修、缺陷处理和异常情况;③保护自动装置运行和变更情况;④事故处理和倒闸操作,以及未完的操作指令;⑤岗位运行日志和记录;⑥安全用具、材料备品、钥匙;⑦运行报表、规程、资料,以及上级的通知和要求等。

4. 巡回检查制度

运行值班人员应严格执行巡回检查制度,以加强对设备的监视,及时了解和掌握设备运行情况,及时发现和消除事故隐患,保证设备正常运行。当班运行人员必须按规定对自己管辖的设备进行巡回检查工作,检查工作要认真、细致,不漏项,不允许延长检查的间隔时间,更不允许因故不进行巡回检查。

巡回检查类别包括接班前检查、定时巡回检查和重点项目检查。

(1) 接班前检查是指运行人员在接班前对设备、系统运行状态和主要参数的重点性检查。通过检查,对上一班设备、系统运行状态和主要参数做到心中有数,便于接班后做好运行监视、调整和操作。

(2) 定时巡回检查是指运行人员每隔规定时间进行的周期性巡回检查。通过检查,及时发现和处理设备异常情况,保证设备在良好的状态下运行。

(3) 重点项目检查是指对影响设备安全运行的重点部位、设备异常情况下运行、新设备投运初期或设备检修后试运行等特殊情况下的检查。