

21 世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century



300MW（中储）火电 机组集控运行与仿真

300MW(ZHONGCHU)HUODIAN
JIZU JIKONGYUNXING YU FANGZHEN

刘彦臣 关晓辉 主 编
宋东辉 王晓亮 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

21 世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century



300MW (中储) 火电 机组集控运行与仿真

300MW(ZHONGCHU)HUODIAN
JIZU JIKONGYUNXING YU FANGZHEN

主 编 刘彦臣 关晓辉
副主编 宋东辉 王晓亮
编 写 文孝强 刘柏林
主 审 张炳文 马文骐



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等教育规划教材。

本书共分七篇，主要内容包括单元机组集控运行概念，300MW 仿真系统组成、功能和操作方法，仿真机参考机组的主机规范，机、炉、电 DCS 系统组成、运行及主要设备的工作原理，热控系统的主要模拟量控制系统和汽轮机数字电液控制系统（DEH），机组运行与事故处理等。书中还结合实际仿真系统阐述系统在不同工况、不同条件下的运行状态、调整过程和故障处理方法，并结合具体 DCS 系统界面，全面介绍组成系统的设备、作用及工作原理，使读者清楚了解设备之间、系统之间的联系，并逐步建立起系统的整体概念。同时本书还提供了必要的机组启停运行规程供使用者参考。

本书可作为电厂热能动力、自动化、集控运行等相关专业本、专科教材，也可作为火电厂运行人员的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

300MW（中储）火电机组集控运行与仿真/刘彦臣等主编. -北京：中国电力出版社，2007

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-6049-2

I. 3… II. 刘… III. 燃煤锅炉-火力发电-发电
机-机组-电力系统运行-高等学校-教材 IV. TM621.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 138538 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 10 月第一版 2007 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 452 千字

定价 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

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

随着火电机组容量的不断增加,集控运行技术的应用程度已经成为衡量机组运行水平高低的重要环节。它将机、炉、电、控作为一个整体进行监视和控制,使操作和管理更加方便,有利于机组安全经济运行。同时,由于集控运行更多地考虑整个机组机、炉、电的协调控制与调整,这就淡化了各专业之间的界限,强化了各专业之间的联系,因此它要求运行和管理人员既要扎实全面地掌握机、炉、电、控方面的基础理论知识,又要具备丰富的现场运行经验,对各种简单和复杂故障要能快速、准确地进行判断和处理。

在火电机组运行过程中,现场运行人员在机组正常运行时的操作水平和在事故情况下的判断与处理能力,对机组运行的经济性、安全性和可靠性会带来很大的影响。由于受客观条件的限制,运行人员很少有机会在机组运行过程中遇到各种不同的故障,因此缺乏对故障进行判断和处理的经验,一旦事故发生,很难在最短的时间内作出正确的判断和处理。火电机组仿真技术的发展,就很好地解决了这个问题。它利用计算机技术,将电力生产过程中各种设备(包括锅炉、汽轮机、发电机、厂用电设备、公用系统及控制系统和保护装置等)的运行特性、运行状态完整地进行仿真,使得运行人员可以在仿真系统上模拟各种运行工况和故障,进行运行调整和故障处理,大大提高了他们的理论和运行操作水平。

仿真技术的发展使得不同容量机组的实际仿真系统相继得到开发和应用,它一方面为电力高校相关专业学生了解现场系统构成,进行实际运行操作提供了完整的学习平台;另一方面也为现场机、炉、电、控等相关专业运行人员进行机组正常运行调整和反事故演习提供了符合现场实际的工况和条件,有助于他们在仿真运行过程中积累更多运行和事故处理方面的经验。

目前,国内尚无结合仿真系统并全面介绍集控运行相关知识的实习(培训)教材。本书就是从此目的出发,结合 300MW 亚临界中储制粉系统燃煤机组仿真系统,全面介绍集控运行基本概念和特点、单元机组启停步骤、主机规范、系统构成、运行调整、运行规程、故障处理等内容,为电厂热能动力、自动化、集控运行等相关电力专业本、专科学生运行实习和火电厂汽轮机运行、锅炉运行、集控运行、电气运行、热控人员的运行培训提供了完整的教材。全书在编写过程中力求突出以下几点:

(1) 结合实际仿真系统,全面阐述 DCS、DEH 等系统的构成及运行调整方法,使读者能够全面了解机组的整个运行调整过程。

(2) 结合具体 DCS 系统界面,全面介绍组成系统的设备、作用及工作原理,使读者清楚了解设备之间、系统之间的联系,并逐步建立起系统的整体概念。

(3) 在充分熟悉系统的前提下,阐述系统在不同工况、不同条件下的运行状态、调整过程和故障处理方法,为读者进一步了解现场系统和机组的运行规程,为专业人员进行现场运行调试和故障处理提供帮助。

第一篇由关晓辉教授编写;第二、六篇由刘彦臣编写;第三篇由文孝强编写;第四篇由宋东辉编写;第五篇由刘柏林、聂永辉编写;第七篇及附录部分由王晓亮编写。本书由刘彦

全书电气部分由马文骐教授主审,其他部分由张炳文教授主审。通过对本书全稿的认真审阅,两位教授提出了很多宝贵的意见。本书在编写过程中得到学校许多教师的大力帮助和支持,也参考了许多文献资料,在此表示衷心的感谢。

编者

2007 年 7 月

目 录

前言

第一篇 集控运行与仿真系统

第一章 集控运行与支撑系统	1
第一节 集控运行概述	1
第二节 仿真支撑系统	2
第二章 仿真系统功能	5
第一节 仿真系统硬件功能	5
第二节 仿真系统功能	6
第三章 仿真系统操作	12
第一节 教练员机的操作	12
第二节 学员机的操作	16

第二篇 机组设备性能与规范

第四章 锅炉设备性能与规范	17
第一节 锅炉设备主要技术性能概述	17
第二节 锅炉技术规范	17
第五章 汽轮发电机设备性能与规范	20
第一节 汽轮机设备性能与规范	20
第二节 发电机—变压器组设备性能与规范	21

第三篇 锅炉系统介绍

第六章 锅炉系统概述及组成	25
第一节 概述	25
第二节 组成及形式特点	26
第七章 风烟系统	30
第一节 风烟系统介绍	30
第二节 风烟系统的油系统	34
第三节 风烟系统的运行	36
第八章 制粉系统	39
第一节 制粉系统概述	39
第二节 制粉系统的组成及主要设备	40
第三节 磨煤机的油系统	44
第四节 制粉系统运行	45

第九章 汽水系统	46
第一节 汽水系统概述	46
第二节 过热蒸汽系统	47
第三节 再热蒸汽系统	50
第四节 省煤器	51
第五节 汽水系统运行	52
第十章 疏水排污与除灰除尘系统	55
第一节 疏水排污系统	55
第二节 除灰、除尘系统	56

第四篇 汽轮机系统介绍

第十一章 汽轮机系统	58
第一节 汽轮机系统概述	58
第二节 主、再热蒸汽及疏水系统	59
第十二章 汽轮机本体	63
第一节 叶片及转子	63
第二节 汽缸及胀差	64
第三节 汽封及汽封系统	66
第四节 盘车装置	69
第五节 汽轮机本体疏水系统	70
第十三章 汽轮机油系统	72
第一节 汽轮机润滑油系统	72
第二节 EH 油系统	74
第十四章 凝结水系统	78
第一节 系统介绍	78
第二节 凝结水泵	79
第三节 凝汽器	80
第四节 抽真空系统	80
第五节 凝结水系统运行	81
第十五章 回热抽汽系统	83
第一节 低压加热器	83
第二节 低压加热器运行	84
第十六章 除氧给水系统	86
第一节 除氧器	87
第二节 给水泵	88
第三节 高压加热器	93
第四节 除氧给水系统的运行	94
第十七章 汽轮机有关系统	96
第一节 辅助蒸汽系统	96

第二节 循环水系统	97
第三节 开式、闭式循环冷却水系统	98
第四节 发电机冷却系统	100

第五篇 电 气 部 分

第十八章 220kV 电气主接线及运行	105
第一节 主接线综述	106
第二节 主接线典型操作	107
第三节 高压断路器	109
第四节 隔离开关	116
第五节 互感器	117
第十九章 厂用电系统及运行	120
第一节 厂用电及其接线	120
第二节 厂用电电源的切换	127
第三节 厂用高低压开关设备	128
第四节 柴油发电机组及运行	130
第五节 直流系统及其运行	132
第二十章 发电机—变压器组的继电保护	135
第一节 发电机故障及不正常运行方式	135
第二节 发电机—变压器组主要继电保护功能原理及整定原则	137
第二十一章 同步发电机的励磁和并列	144
第一节 励磁控制系统概述	144
第二节 自并励励磁系统	146
第三节 自并励励磁调节系统（静态励磁）及运行	147
第四节 灭磁与过电压保护	151
第五节 发电机并列	151

第六篇 热 控 部 分

第二十二章 分散控制与燃烧器管理	155
第一节 分散控制系统（DCS）	155
第二节 燃烧器管理系统（BMS）	156
第二十三章 模拟量控制系统	167
第一节 燃烧控制系统	167
第二节 给水控制系统	172
第二十四章 汽轮机数字电液控制系统（DEH）	178
第一节 汽轮机控制系统	178
第二节 数字电液控制（DEH）在再热汽轮机中的应用	179
第三节 数字电液控制（DEH）的基本原理	183
第四节 DEH 控制系统的转速与负荷控制	193

第五节 数字电液控制 (DEH) 的操作	194
第二十五章 协调控制系统	196
第一节 协调控制系统基本概念	196
第二节 单元机组负荷控制的基本方案	197

第七篇 运行与事故处理

第二十六章 单元机组运行	199
第一节 单元机组的启动方式及应力特点	199
第二节 单元机组的冷态滑参数启动	204
第三节 单元机组热态启动	212
第四节 单元机组的停运	213
第五节 单元机组的运行调整及维护	219
第二十七章 单元机组事故处理	233
第一节 单元机组事故处理原则	233
第二节 事故处理的一般方法和步骤	234
第三节 停机停炉条件	234
第四节 机组跳闸处理	235
第五节 机组主要辅机跳闸处理	236
第六节 机组典型故障处理	237
附录一 机组冷态启动简要操作规程	249
附录二 机组温态启动简要操作规程	265
附录三 机组热态启动简要操作规程	273
附录四 机组极热态启动简要操作规程	278
附录五 单元机组复合变压停机简要操作规程	281
附录六 单元机组滑参数停机简要操作规程	286
附录七 单元机组变压停机简要操作规程	287
参考文献	288

第一篇 集控运行与仿真系统

第一章 集控运行与支撑系统

第一节 集控运行概述

当前,集控运行技术已经贯穿于火电机组的设备操作、参数监视、运行调整和故障处理等现场运行的整个过程之中,并且已经成为现代大型火力发电厂必不可少的技术环节,这主要体现在以下两个方面:

一方面,是火电机组发展的客观需要。

首先,随着机组容量的增大,设备结构变得越来越复杂。特别是再热机组的出现,使控制方式发生了很大的变化。在再热机组中,锅炉的过热和再热蒸汽流量必须成一定比例,所以再热机组通常都采用一台锅炉配一台汽轮机的单元制形式。而且有些机组的电气主接线也采用单元制形式,这样,就使得单元机组各设备间的纵向联系大大增加,成为一个相对独立的整体。如在启停过程中,炉、机、电的操作是交叉进行的。如果还采用单独控制的方式,各控制室之间只能通过信号联系,无法及时、准确地掌握机组的整体情况,可能会造成操作上的被动盲目和不协调,因此在现代大容量火电机组的设计和运行上,把炉、机、电作为一个整体来考虑,对这个有机的、互相联系的整体可以进行监视和集中控制。

其次,由于机组容量的不断增大,机组的信息量和操作量会大大增加。特别是实行集中控制后,信息量和操作量会增大6~10倍。在启停或事故处理等一些紧张的情况下,要求运行人员仅凭双手、双眼每次对几十甚至上百个信息在几秒钟之内都进行综合分析、判断并采取正确的操作和处理是完全不可能的,无论运行人员如何认真负责,一旦发生紧急情况也不可能百分之百都能进行完善的处理。为此,必须要想办法借助于某种设备或系统来代替人进行信息的分析和判断,并代替人去执行某些操作,使运行中的参数监视和操作绝大部分能够通过自动化的手段完成,这是机组真正实现集中控制的技术保证。

另一方面,是现代科学技术的发展为实现集中控制提供了可能。

随着电子信息技术特别是计算机技术的发展,为从技术上实现集控运行提供了保证。现代化的大型机组普遍采用分散控制系统,它无论从可靠性还是抗干扰能力等方面都完全满足现场运行的要求。可以实现数据的自动采集,设备的自动调节和顺序控制,主、辅机的自动保护,还可以对生产信息进行自动处理,供管理人员作决策时参考。

正是由于上述原因,使得集控运行技术近几年得到了迅猛的发展。它涵盖了机组的启停、运行和调整、控制与保护、辅助系统运行、事故处理等多个方面。对采用集中控制的单元机组来说,运行人员可以通过炉、机、电的密切配合,进行协调操作,便于运行管理的统一指挥,有利于机组的安全经济运行。

同时,因为火电厂的生产过程是将燃料的化学能转变为电能的过程,中间要经过热能、机械能等多种形式的能量转换。加上机组相对独立,纵向联系十分紧密,因此机、炉、电及辅助设备中任一环节出现故障都会影响到整个机组的运行。对运行人员来说,相对于独立控制,集中控制的要求已有了很大的不同。集中控制机组的运行人员应能掌握所有主要设备和辅助设备的工作原理和运行特点,熟悉燃料、风烟、汽水、电气、控制等主要系统,并具有丰富的运行经验。只有这样,才能保证机组的安全、经济运行。

第二节 仿真支撑系统

为了实现参考机组的全范围、全过程数字仿真,仿真系统由硬件和软件两部分构成:硬件主要包括操作站、服务器、交换机、投影机等。软件主要包括专用支撑系统平台 GISS (General Integrated Simulation System)、图形化组态软件 Intouch、大型数据库和通信软件等。所有 DCS (Distributed Control System, 分散控制系统)、就地、DEH (Digital Electro-Hydraulic control, 数字电液控制系统) 等图形界面和大型数据库等都在其支撑系统平台下运行,并利用通信软件实现同一机组(一个工作组)的操作站、就地设备与数据库之间的数据交换和信息传输。支撑系统可实现软件运行/冻结、工况装入/存储、故障设置/清除、工况抽点、回退等多种功能。

一、仿真支撑系统概述

仿真支持系统为 GISS2.0, 其主要由以下几部分构成:

- (1) 内核: 包括模型数据库, 算法数据库。主要负责模型的执行与调度、进程、线程的管理与调度等。
- (2) 工程师台功能: 提供各种手段辅助进行模型的开发与调试, 如: 模型的建立、删除、修改、插入、移动, 变量的交叉参阅, 动态参数监视, 显示曲线等。
- (3) 教练员台功能: 提供各种手段来控制仿真进程, 提高培训效果。如: 抽点, 回退, 重演, 远方操作, 学员成绩评定, 超控, 盘台初始状态检查, 学员操作记录, 模型的全局加/减速, 模型的局部加速, 故障, 教案, 教练员活动记录等。
- (4) 通信: 建立并控制与盘台、DCS、DEH、就地等界面机的双向数据交换, 提供通信测试手段。

二、支撑系统的特点

- (1) 在全 PC 机环境下构筑仿真机系统软、硬件。工程造价低, 仿真机的运行、维护方便。
- (2) 工程师台、教练员台合二为一。即在一台 PC 机上具备模型的修改调试功能、工程师台功能、教练员台功能、通信功能等。
- (3) 以 Windows XP 作为平台, 充分利用微机操作系统的各种技术。如: 分优先级的抢占式多任务、多线程、多进程之间的多种通信机制, 系统稳定性好、可靠性高、便于移植等, 为构造高性能的仿真支持系统奠定了坚实的基础。
- (4) 全中文界面。菜单、工具按钮、提示等均为中文。
- (5) 大部分操作通过鼠标实现。不需记忆任何命令, 操作简便, 效率高。
- (6) 工/教台功能齐全。如: 模型的建立、删除、修改、移动, 变量的交叉参阅, 动态

参数监视, 远方操作, 抽点, 回退, 重演, 模型的全局加/减速, 模型的局部加速, 故障, 教案, 教练员活动记录, 盘台、DCS 及各类通信点表文件的通信等。

(7) 具有多种模型检索手段。如: 由变量查模块, 输入变量、输出变量交叉参阅 (或称为关联), 由曲线查模块, 由变量查曲线, 由远方操作项目直接关联模块, 由变量至动态参数监视等, 查找方式分为精确匹配、模糊匹配两种, 具备了这些手段后, 变量及模块的查询变的方便、快捷。

(8) 具有多种模型调试手段。如: 模块动态监视、在线修改, 成组变量监视、在线修改, 多时段曲线监视 (时间坐标轴可调, 纵坐标亦可调), 多曲线窗口等, 调试效率高, 缩短了模型开发周期。

(9) 通信控制灵活。如: 教练员可以随时断开或恢复与盘台、DCS 或通信点表文件的联系, 所有操作输入、模块输出均有记录, 仿真机开发人员可以在线查询或历史查询哪个变量由于外部操作而发生状态变化、哪些界面输出变量数值已改变。

(10) 主机及所有外围计算机均挂在网络上, I/O 吞吐量。

(11) 采用广播通信方式, 系统配置灵活。既可以将主机及所有界面机合而为一, 仿真支持系统和所有功能软件均在一台计算机上运行, 也可以根据计算机的多少, 增加界面机的数量。如: 在软件系统不作任何修改的前提下, 既可以设一台就地操作台, 也可以设多台就地操作台; 既可以设一台 DCS 操作员站, 也可以设多台 DCS 操作员站等。

(12) 系统可提供构置和加入各种故障的能力。可构置和加入简单故障、条件故障、渐变故障。

(13) 系统提供能够编制和启用自动教案的功能。使用此功能, 可使仿真机在预先编制好的教案下运行 (装入初始条件, 定时加入故障), 减小了教练员的工作量, 提高了培训质量。

三、仿真系统的主要文件

1. 支持系统核心文件

- (1) 支持系统可执行文件: GISS.exe。
- (2) 支持系统内核文件: Modkrnl.dll。
- (3) 模型算法库文件: ALGALL.DLL。
- (4) 模型算法库信息文件: ALGALL.INF。

2. 仿真模型及配置文件

- (1) *.MOD: 二进制模型文件, 只有在本仿真支持系统环境下方可识读。
- (2) *.TBL: 文本模型文件, 为标准的文本文件, 通过任何编辑器均可识读, 文本模型 (.TBL) 通过菜单“文件/装入文本模型文件”装入后, 再通过菜单“文件/存贮模型”即成为二进制模型 (.MOD)。
- (3) *.CON: 二进制初始状态文件, 只有在本仿真支持系统环境下方可识读。
- (4) DPS??.LST: 远方操作及动态参数监视配置文件。
- (5) MLF.FLT: 故障配置文件。
- (6) *.TPL: 教案文件。
- (7) OVERCTRT.LST: 超控配置文件。
- (8) *.SCO: 学员成绩评定配置文件。

(9) ACCEL?.INI: 模型局部加速配置文件。

(10) *.CVG: 曲线配置文件。

在上面文件名中的“?”、“??”代表从1或01开始的流水号,按类型分别计数。

3. 通信点表文件

MMI.CSV。

第二章 仿真系统功能

第一节 仿真系统硬件功能

一、硬件主要功能

根据教学和现场培训的需求和未来的发展,在系统硬件配置上采用一机多模的形式,主要能够实现以下主要功能:

(1) 按传统的单元机组方式的运行。在仿真范围,硬件构成(盘台、DCS、就地),人机界面等均与实际现场完全相同。进行机组的启、停、正常运行操作、事故处理等项目的操作和培训,提供高逼真度的仿真环境以及相应的机组模型。

(2) 分组式教学培训。即通过合理配置硬件,提供多人同时上机操作的环境。软、硬件分组设置灵活,每个组的大小可根据需要设置,8~10 人一组,或者一人一组。每个运行的机组包括 DCS 画面、就地画面,支撑平台等,与单元式机组运行方式的功能完全相同。

(3) 每组设置一台教练员机,可同时监控所有学员的运行状态,负责运行支撑系统和进行故障设置等操作。并作为仿真数据库服务器,同时也兼作域控制器,以便对所有本机组的计算机进行安全管理。机组设有大屏幕投影仪,每台投影仪配置一台专用微机,该微机可以显示虚拟盘台、DCS 操作画面或就地画面等。

(4) 计算机网络采用星型以太网连接,所有计算机连接到交换机。

(5) 提供翻译方式的 DCS 方式仿真,即直接拷贝现场 DCS 系统的组态文件,包括点表通信文件、控制逻辑和点目录等文件,经计算机软件自动翻译后直接在仿真机上运行和显示。

二、硬件构成

图 1-2-1 为仿真系统基本硬件配置,由图可知,每一个仿真机组都由操作员站、教练员站、就地操作站、主机(服务器)、投影幕和投影微机、网络交换机等构成。操作员站主要仿真现场集控室机、炉、电运行人员的 DCS 操作,每一台操作员站都可以运行 DCS、DEH、就地三个系统中的任意一个,并能够在机、炉、电各界面之间任意切换,以方便对相关系统的浏览和设备的操作。就地操作站主要是仿真无法在 DCS 操作站上操作的现场就地阀门、设备等的状态,以便为运行人员适时提供就地设备的状态数据。教练员站主要完成支撑系统运行/冻结、故障设置/清除、抽点回退、工况装入/存储等功能。每个机组可不单独设教练员站,教练员站软件可以安装在每一个仿真机组的任何一台计算机上。投影幕和投影微机主要仿真现场的报警光子牌等需要在仪表盘上显示的参数和仪表,通过投影微机将这些参数和仪表投到投影幕上供运行人员观察。网络交换机主要完成每一组仿真机组之间的通信联系和数据传输。

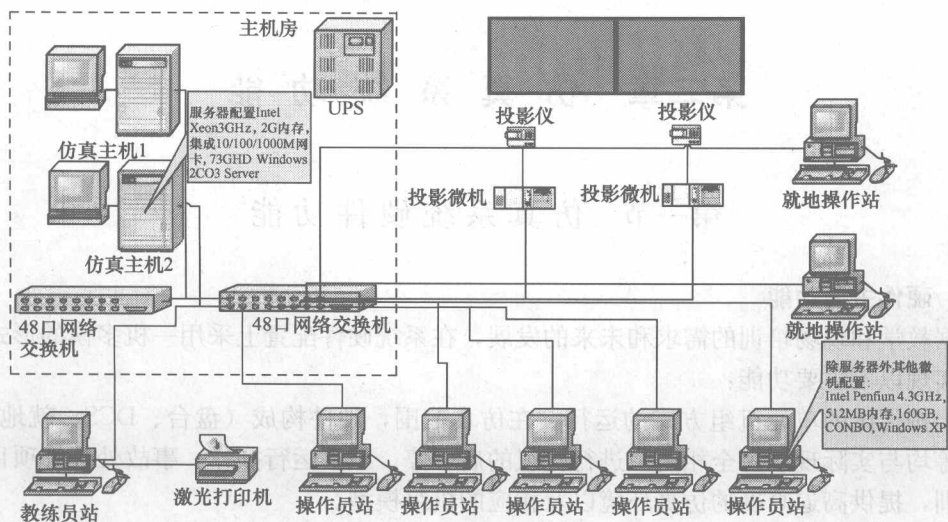


图 1-2-1 仿真系统硬件配置

第二节 仿真系统功能

仿真系统是对电力生产流程,包括机组的锅炉、汽轮机、发电机、厂用电设备、公用系统及控制系统和保护装置等设备的各种运行工况下的状态进行完全仿真,并逼真地仿真各设备及整个系统的运行特性。如:水位、火焰显示以及主要的就地操作等。

除此之外,仿真系统应具备完善的学习和培训功能,向受训人员提供展现正常、异常和紧急状态下的现场环境,受训人员经培训后能够熟练地掌握机组启停过程和维持正常运行的全部操作,学会处理异常、紧急事故的技能,训练应急能力,确保机组安全运行。

一、基本功能

仿真系统应具备的基本功能如下:

(一) 具备完善的运行人员培训和考核功能

(1) 仿真机系统可以为教学和现场运行人员的学习和培训工作提供逼真的场所和先进的工具,使学员能够正确熟练地掌握在各种工况下机组的启停及正常和异常运行过程中的监视操作技术,客观反映运行人员的实际操作水平和分析判断能力。

(2) 向学员展现正常、异常和故障情况的运行状态,有效地提高学员的专业知识、操作技能、应变能力和熟练程度,使学员经培训后能熟练地掌握机组启停过程和维持正常运行的全部操作,学会处理异常和紧急事故的技能,提高实际操作能力和分析判断能力,训练应急处理能力,确保机组安全、经济运行。

(3) 能够进行机组在各种工况下的启动、停机和正常运行的监视操作。

(4) 能够满足操作人员对设备或系统进行规定的各种定期试验。

(5) 能够对操作人员的操作能力、分析判断能力进行考核。

(6) 仿真机显示、操作、报警等无论在功能上还是视觉上都与实际机组基本相同,在进

行操作时,能够按与真实机组相同的方式观察其响应。

(7) 能够自动对运行人员的操作进行打分考核。

(8) 该仿真机为“一机多模”仿真机系统,在同一套硬件设备上可以装入多套仿真模型,并进行不同机组的人员培训,模型间切换简单、快捷。

(二) 具备完善的机组故障设置功能

(1) 能够实时仿真可能发生的各种事故和故障,其动态反应与真实机组故障后的动态反应一致,或与由运行经验和工程分析得到的预期动态反应相符合,并显示实际机组所有的响应。

(2) 仿真机能提供多个故障,并提供开放界面,可由教练员任意组合,并具有随时扩充的功能。

(3) 仿真机组的故障可以由误操作自然引发,亦可由教练员将各种故障在无矛盾的情况下任意组合插入,插入的故障可分为离散型和可变型两类。

(4) 机组故障发生后,运行人员可通过操作,得到缓和故障的影响或恢复机组正常运行的响应,以及因处理不当引起事故扩大的响应,这些结果均与现场反应一致。

(三) 具备完善的仿真培训控制功能

1. 运行/冻结 (Run/Freeze)

允许教练员在必要时暂时终止正在实时执行的电站模型运算,使之处于冻结状态。当再次投入运行时,随即解除冻结状态。冻结功能是使所有状态仿真停止。冻结开始时刻的所有状态保持不变。该功能允许教练员在仿真机运行的任何时刻实施冻结。冻结状态在出现以下条件之一时解除:

(1) 教练员解除冻结,继续运行仿真机。

(2) 选择某一初始状态或“返回追踪”到仿真机原来的某一状态后,继续再启动仿真机。

2. 抽点存储 (即快存—Snapshot)

该功能应用于特定工况的存储,允许仿真机运行过程中在任何时间点自动或手动记录仿真机的状态,作为特定条件暂时或永久地存储该工况,供回退和重演使用,也可作为初始工况调用。每次快存在较短的时间内完成 ($<300\text{ms}$)。

3. 工况 (初始状态点) 选择 (Reset IC)

以机组不同的运行状态作为起始点进行学员的操作训练是仿真机培训的基本训练项目。仿真机每次启动后,都自动处于同一个指定的初始条件。这个指定的初始条件也可以由教练员通过教练员站改换。此外,教练员能方便地通过鼠标操作选择所需要的初始状态,并迅速使仿真机的运行状态处于选择好的状态点。为了帮助教练员选择,在教练员站的 CRT 上提供一个可上下滚动的菜单,显示出每个初始条件的有关信息。选择操作过程后会有清晰的应答和出错提示。

可以随时将自己希望的工况作为初始条件进行存储,装入下列任一初始条件后开始仿真机运行。

- 全冷态

- 温态

- 热态

- 机组跳闸后状态
- 锅炉上水前
- 准备清扫
- 准备点火
- 准备冲转
- 中速暖机前
- 准备并网
- 50%负荷
- 100%负荷手动
- 100%负荷自动

4. 报警 (Annunciator Control)

教练员可以随时设置产生报警的信息,使盘台出现光字及声光报警信号。

5. 故障控制

允许教练员启动单个或成组的故障,其启动方式有手动、通过自动计时器启动及某事件引起的自动启动等。对于某些故障的严重程度,可有一定的选择范围。总共提供不少于 500 个故障的生成能力,可同时组合 60 个故障的发生。

6. 就地仿真功能 (Remote Function Control)

用于对主控制室内不能操作的远方就地设备或系统进行仿真,提供这些设备的仿真环境。

7. 返回控制 (Backtrack Control)

允许教练员停止训练并及时返回至过去的某一仿真状态,这样能使学员多次重复同样的练习。返回功能调用时推出可以上下滚动的回溯菜单,表格上列出各返回记录状态的主要特征参数,以便回退到过去某一状态,回退点由用户自己选定,回退时间不小于 6h。

8. 记录/重演 (Record/Replay)

仿真机能自动记录仿真机上的操作与响应,重演能用于重现过去一段时间内教练员和学员对仿真机的操作(例如故障、远操等),供教练员分析培训过程使用。它是通过将各个对应时刻的开关量和模拟量输入变化按返回追踪记录间隔记录到记录/重演文件内,然后进行实时文件录入和仿真软件运算,来实现记录/重演功能的。重演时间不小于 6h。

9. 外部参数 (External Parameters)

允许教练员控制仿真机的外部参数,即能通过教练员站修改仿真机外部环境和条件。如:外部负荷、频率及电压变化、功率因数、冷却水流量、温度、原煤仓煤位,环境温度、湿度,炉膛温度的变化,电气远方操作等。

10. 运行变量监视 (Monitored Parameters)

允许对仿真的运行变量进行在线监视,变量可以用列表或动态趋势曲线方式显示,具体显示方法参照实际机组的热控系统功能。

11. 模型运算速度的控制和选择 (Time Scaling)

实时:与实际机组相比,过程是 1:1,即具有完全一致地时间响应。

快时:整体快时可比实时快 1~5 倍,部分快时可比实时快 10 倍,系数从 1~10 可选。快时项目有:暖机、升降温过程、凝汽器抽真空等。这样可以在较短的时间里完成一些慢过