

电力工业学校重点教材

仿真机实习

杭州电力学校 裘华东 编

China Electric Power Press

中国电力出版社

TM621-45
Q777

197405

TM621-45
Q777

仿 真 机 实 习

杭州电力学校 裘华东 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书主要讲述大型火电机组仿真机的运行及事故处理。全书共分七章,内容主要有:仿真机基本知识、倒闸操作和事故处理基本知识、仿真机主要电气部分介绍、仿真机的允许运行方式、仿真机的正常监视和操作、仿真机的异常运行及其处理、仿真机的典型事故及其处理等。本书主要根据300MW火电机组全范围仿真机编写,突出专业理论和生产技能知识,为掌握生产技能服务,具有较强的针对性、实用性和先进性。

本书主要作为中等专业学校发电厂及电力系统运行专业的教材,也可作为发电厂电气运行人员仿真机培训以及变电所运行人员仿真变培训的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

仿真机实习/裘华东主编.-北京:中国电力出版社,
1999

电力工业学校重点教材

ISBN 7-5083-0012-2

I. 仿… II. 裘… III. 仿真机-专业学校-教材 IV.
TP391.9

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第05923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>)

北京梨园彩色印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000年1月第一版 2000年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 8.75印张 195千字

印数 0001—3000册 定价 14.00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)

序

近年来,电力职业技术教育在结构改革过程中,创建了将中专和技校融为一体的新型办学模式——形成统一的电力工业学校,与此同时,进行了专业设置、教学计划、课程体系等一系列教学改革。教材作为教与学双边活动过程中不可或缺的信息载体,其改革和建设必然是教学改革的重要组成部分。为了巩固教育、教学改革已经取得的成果,推动改革持续深入发展,满足电力工业学校教学工作的急需,并促进教学质量不断提高,从1996年底开始,便着手组织力量进行教材改革的研究、探索和教材建设的安排部署,先后成立了电力工业学校教材建设研究课题组,制订了《关于电力工业学校教材建设的若干意见》和《电力工业学校教材出版、推荐、评优暂行办法》,组建了电力工业学校教材编审委员会,并于1997年末在电力职业技术教育委员会各教学研究会和网、省电力公司教育部门推荐的基础上,经过审议,遴选确定了电力工业学校第一批(23种)重点教材编审出版计划。

为了加快教材建设步伐,繁荣教材创作局面,电力工业学校教材建设采取点面结合、统分结合的方法,以重点教材带动一般教材。重点教材的建设旨在对教材改革起重点研究、典型引路、以点带面的龙头作用。这批重点教材力求根据职业技术教育的特点和培养应用型人才的教育目标,突出教材的定向性或针对性,以电力行业工作岗位需要的综合职业能力和素质要求,作为界定教材内容的依据,不片面追求学科体系的完整性,而强调贴近生产实际和工作实际,使理论同实践紧密结合,传授知识同培训技能紧密结合;精选教材内容,删繁就简,返璞归真,充实技术性、工艺性、实用性的内容,而且体现先进性和科学性的原则;注重定性分析,阐明物理意义和应用方法,简化某些论证,减少不必要的数学推导;在内容的编排、组合上,一是最大限度地做到模块化,增强教材使用的灵活性,便于不同教学阶段、不同专业采用,二是使理论阐述同实践指导有机结合,便于在教学过程中贯穿能力培养这一主线,采用以实际训练为轴心,把讲授、实验、实习融于一体的教学方式;适应各校功能延伸的新要求,兼顾各种职业培训对教材的需要。

这批教材的出版只是整个教材改革和建设的阶段性成果,仍需再接再厉,继续深化教材改革,推进教材建设。预期经过几年的努力,会形成一套具有电力职业技术教育特色,以职业能力培养为主线,门类比较齐全,形式比较多样,并能与其他教育相衔接,兼顾职工培训需要的教材体系。

中国电力企业联合会教育培训部

电力工业学校教材编审委员会

1998年9月

前 言

仿真机实习是电力工业学校《发电厂及电力系统运行》专业（四年制）的一门主干课程，是按照中国电力企业联合会教育培训部 1996 年 11 月颁发的教学计划（试行）和电气类专业教研会组织审定的教学大纲为依据进行编写的。

本书是电力工业学校教材编审委员会确定的重点教材，遵照电力职业技术教育课程改革的原则和基本思路，力求贯彻以能力为本位的思想，全书共分七章，主要讲述仿真机基本知识、倒闸操作和事故处理基本知识、仿真机主要电气部分介绍、仿真机的允许运行方式、仿真机的正常监视和操作、仿真机的异常运行及其处理、仿真机的典型事故及其处理等。本书主要根据 300MW 火电机组全范围仿真机编写，突出专业理论和生产技能知识，为掌握生产技能服务，具有较强的针对性、实用性和先进性。

本书由杭州电力学校裘华东编写，广东省电力工业学校柏吉宽主审。

在编写过程中，得到了杭州电力学校领导和广东省电力工业学校领导的大力支持，谨表谢意。

对于本书存在的缺点和不足之处，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1999 年 10 月

目 录

序

前言

第一章 仿真机基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 仿真机的发展简史	2
第三节 火电机组全范围仿真机	3
第四节 仿真机实习的基本要求	6
第二章 倒闸操作和事故处理基本知识	7
第一节 电气设备倒闸操作	7
第二节 事故处理一般原则	15
第三章 仿真机主要电气部分介绍	16
第一节 电气主接线	16
第二节 厂用电系统接线	24
第三节 同步发电机的冷却系统	34
第四节 同步发电机的励磁系统	41
第五节 电力变压器的冷却系统	52
第六节 大型发电机组的继电保护	54
第四章 仿真机的允许运行方式	86
第一节 发电机的允许运行方式	86
第二节 变压器的允许运行方式	87
第五章 仿真机正常运行时的监视和操作	91
第一节 发电机正常运行时的监视和操作	91
第二节 励磁系统正常运行时的监视和操作	96
第三节 变压器正常运行时的监视和操作	101
第四节 网控室正常运行时的监视和操作	104
第六章 仿真机的典型异常现象及其处理	110
第一节 发电机的异常运行及其处理	110
第二节 励磁系统的异常运行及其处理	116
第三节 变压器的异常运行及其处理	120
第七章 仿真机的典型事故及其处理	123
第一节 发电机事故及其处理	123
第二节 变压器事故及其处理	129
第三节 系统事故及其处理	131
参考文献	133

第一章 仿真机基本知识

为提高大型发电机组运行人员的操作技能、应变能力和熟练程度，以保证大型发电机组的安全、经济运行，国内外广泛采用仿真机来培训大型发电机组的运行人员。仿真机是一种理想的培训装置，具有安全、经济、培训周期短、培训效果好等突出优点。

第一节 概 述

随着电力工业的发展和科学技术的进步，发电机组不断向着高参数、大容量的方向发展，自动化程度越来越高，技术日益先进，系统日益复杂，对发电机组运行人员的技术知识、操作技能和应变能力等方面提出了更高的要求。因此，对大型机组运行人员必须进行有效的、高质量的培训，以提高运行人员的操作技能、应变能力和熟练程度，从而保证机组的安全、经济运行。目前，国内外广泛采用仿真机来培训大型发电机组的运行人员。

仿真机是一种仿真装置，主要由控制室和主计算机组成。控制室（包括控制室内的盘台及盘台上的监视、控制、信号等全部设备）与所仿真的实际发电机组的控制室相同；主计算机用来运行发电机组的模型软件，以模拟控制室内所监视、操作和控制的实际发电机组的设备和系统。主计算机通过输入/输出接口与控制室内的设备相连接。

根据发电机组类型的不同，仿真机可分为：

- (1) 核发电机组仿真机；
- (2) 火电机组仿真机；
- (3) 水电机组仿真机。

根据仿真范围和功能的不同，仿真机又可分为：

- (1) 全范围仿真机；
- (2) 通用型仿真机；
- (3) 原理型仿真机。

全范围仿真机以某台具体的发电机组为仿真对象，其控制室内的设备与所仿真的实际机组控制室内的设备完全相同，其模型软件模拟控制室内所监视、控制的实际机组的设备、系统和过程。对控制室外与机组起停操作、正常运行操作和故障处理有关的就地操作也予以仿真。在相同工况下，仿真机控制室内的响应与所仿真的实际机组控制室内的响应相一致。全范围仿真机仿真程度高，培训环境逼真，培训效果好。

通用型仿真机不以某台具体的发电机组为仿真对象。因为同类型、同容量发电机组的设备和系统可能有些区别，故通用型仿真机是以同类型、同容量发电机组的共同点为仿真对象的一种仿真机。

原理型仿真机是显示发电机组运行原理的仿真机。如果说全范围仿真机、通用型仿真

机是教给学员“怎样操作和运行发电机组”，则原理型仿真机是教给学员“发电机组是怎样运行的”。

仿真机为运行人员提供了真实的培训环境和经济、可靠、有效的培训方法。无论对新上岗人员还是在岗人员，仿真机都是理想的培训工具。

第二节 仿真机的发展简史

自 60 年代中期起，随着电力工业、计算机技术和仿真技术的发展，发电机组仿真机大致经历了以下几个发展阶段。

一、初期发展阶段

60 年代中后期，美国采用模拟电路研制成功了世界上第一台火电机组仿真机。1971 年，随着数字计算机技术的发展，欧美一些国家用数字计算机开发出了火电机组全范围仿真机，用于培训火电机组运行人员，达到了良好的培训效果。

70 年代，电力工业发展迅速，核电站和火电站逐渐增多，机组容量不断增大，对仿真机的需求量增加，欧美各国一些大的电气、电子公司相继成立了仿真公司，并采用数字计算机开发发电机组仿真机。

二、快速发展阶段

1979 年 3 月 28 日，美国三里岛核电站由于运行人员的失误造成了严重事故，调查结果表明，核电机组操作人员的培训存在严重问题。有鉴于此，美国能源局作出了未取得仿真机培训合格证的核电机组操作员不得上岗的规定，将取得仿真机培训合格证作为发放运行许可证的一个组成部分，将核电机组仿真机培训的重要性提到了空前的高度，从而促进了核电机组仿真机的迅速发展，同时也推动了火电机组仿真机的快速发展。

80 年代，数字计算机硬、软件技术发展迅速，美国的著名计算机公司相继推出了 32 位超级小型数字计算机。小型机具有速度快、存储容量大、总线速度高、I/O 能力强等特点，且具有较强功能的实时操作系统和高级算法语言 FORTRAN。同时，世界上著名的仿真公司相继开发出先进的仿真软件支持系统，并普遍采用了模块化建模技术。仿真技术及仿真机得到了飞速发展。

三、成熟发展阶段

90 年代，计算机技术蓬勃发展，推出了高性能的计算机服务器和 workstation，其运算速度比 80 年代的小型机快得多，内、外存储容量也大大增加，且价格低廉。同时计算机网络技术的发展，使仿真机教练员台、就地操作仿真、监控机仿真等可以从仿真机主计算机上脱离出来，图形、图像技术和多窗口技术的发展，使教练员台的人机界面变得更加美观和友好，且监控机仿真也更易开发。多媒体技术的产生和发展使火焰、水位和声响仿真变得更加容易。在图形、图像技术发展的基础上，国外著名的仿真公司都改进了仿真软件支持系统，并采用了图形建模技术。

我国从 70 年代开始研制仿真机，在进入 90 年代以后，我国发电机组的仿真技术得到了高速发展，并已接近世界先进水平。清华大学从 1974 年开始了火电机组仿真机的研制工

作，并于 1978 年开始研制 200MW 火发电机组培训仿真机。1983 年 5 月，清华大学开发出我国第一台 200MW 火发电机组仿真机。1988 年 12 月，清华大学开发出我国第一台 200MW 火发电机组全范围仿真机。1989 年，国内开始研制 300MW 火发电机组全范围仿真机。1991 年 12 月，华北电力学院开发出我国第一台 300MW 火发电机组全范围仿真机。1995 年，华北电力学院开发出我国第一台 500MW 超临界火发电机组全范围仿真机。

第三节 火发电机组全范围仿真机

全范围仿真机仿真一台具体的发电机组及其控制室，仿真范围广，培训环境逼真，故培训效果好，培训质量高。

发电机组全范围仿真机由硬件系统和软件系统两部分组成。

一、硬件系统

全范围仿真机的硬件系统一般由计算机系统、控制盘台、I/O 接口系统、监控机仿真设备、就地操作仿真设备、控制室环境仿真设备、教练员台和工程师台等构成。

1. 计算机系统

计算机系统也称仿真机主机，是仿真机的基础，其性能直接影响仿真机的质量。目前国内外大多采用服务器或工作站作为仿真机主机。有的采用超级小型机或多微机并行处理系统作为仿真机的主机。

2. 控制盘台

全范围仿真机的控制盘台及盘台上的设备与所仿真的实际机组控制室完全相同。仿真机控制盘台是培训学员与仿真机之间的界面，培训学员通过仿真机控制盘台，监视和控制发电机组以及进行故障的分析判断和处理。

3. I/O 接口系统

I/O 接口系统是主计算机与控制盘台之间的信息传输接口。培训学员在盘台上的操作和控制信息经 I/O 接口输入给主计算机，主计算机接收输入信息后经模型软件运算，其结果经 I/O 接口输出到盘台上。

4. 监控机仿真设备

现代大型发电机组的监视和控制大多采用分散式控制系统 (DCS)，但也有少数采用常规仪表盘台加数据采集系统 (DAS)。分散式控制系统 (DCS) 和数据采集系统 (DAS) 的仿真称为监控机仿真。

5. 就地操作仿真设备

就地操作仿真设备用于仿真控制室外的就地操作。因为在机组起停和故障处理过程中，需要许多就地操作，如隔离开关的操作、保护连接片的操作等。在仿真机中，实现就地操作仿真主要有两种方法：就地操作模拟台和就地操作模拟盘。

(1) 就地操作模拟台。就地操作模拟台一般是微机，微机通过网络与主机相连，微机可显示很多操作画面，每一幅画面一般是一个系统图，画面上的操作点为隔离开关、按钮、保护连接片等。通过对屏幕上画面的操作来实现就地设备操作的仿真。操作一般通过鼠标

进行。

(2) 就地操作模拟盘。就地操作模拟盘是一个立盘，立盘通过 I/O 接口与主机连接。模拟盘上是机、炉、电的系统模拟图，用小开关或按钮等硬件操作设备来模拟就地操作。同时在需要提示参数的地方安装上小型指示仪表。

6. 控制室环境仿真设备

为了使学员在仿真机培训时有身临其境的感觉，需要仿真实际机组控制室的环境。在实际机组控制室内，当大型电动机起动、向空排汽门动作时能听到其发出的噪声，且当大型电动机起动时，控制室内的日光灯会暗一下。此外，当厂用电失去时，控制室内正常照明用的日光灯熄灭，事故照明用的白炽灯点亮。仿真机控制室的环境仿真，主要是噪声仿真和灯光仿真。

7. 教练员台

教练员台一般由微机或图形工作站构成。仿真机培训教练员通过教练员台指导学员培训并评定学员成绩。

8. 工程师台

工程师台一般由具有绘图功能的微机或图形工作站构成。软件工程师通过工程师台开发、调试、修改和维护仿真机模型软件。

典型的 300MW 火电机组全范围仿真机的硬件系统如图 1-1 所示。

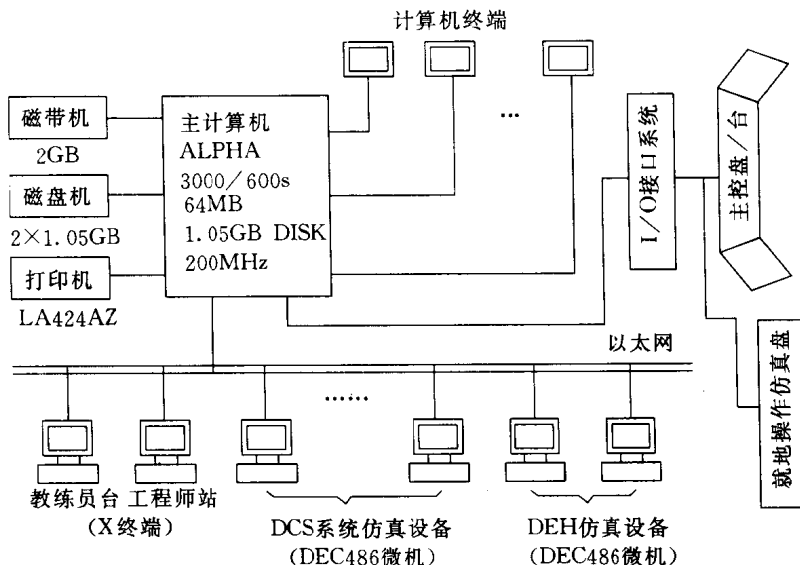


图 1-1 典型的 300MW 火电机组全范围仿真机的硬件系统

二、软件系统

发电机组仿真机的全部功能是在硬件系统的基础上由软件来实现的。火电机组全范围仿真机的软件系统一般由如下软件构成。

1. 计算机系统软件

计算机系统软件是由计算机制造厂家根据要求随计算机提供的软件，包括操作系统、实

用程序、高级语言、网络通信软件和图形软件等。

2. 仿真软件支持系统

仿真软件支持系统是支持仿真软件开发、调试、维护和实时运行的软件。

3. 发电机组仿真软件

发电机组仿真软件是实现发电机组设备、系统、生产过程、故障现象以及监视、操作、控制等仿真的软件系统，是仿真机中最重要的软件，包括发电机组模型软件、监控机仿真软件、就地操作仿真软件等。

4. 教练员台软件

教练员台软件是实现教练员台功能的软件。仿真机教练台主要有下述功能。

(1) 冻结/运行。教练员可以冻结仿真机运行，以中止仿真机的动态过程。当仿真机处于冻结状态时，冻结开始时刻的仿真机状态保持不变，全部指示仪表和各种记录仪，停止在冻结开始时刻的位置，CRT 显示的所有实时数据，保持在冻结开始时刻的数值和状态。这样，教练员和学员可查看在某项训练操作后的结果。教练员可以恢复仿真机的运行，从冻结前的仿真机状态恢复培训。

(2) 选择初始工况。仿真机对机组从起动准备到起动至满负荷过程中的各种工况进行初始工况设置，教练员可以方便地选择初始工况，确定培训项目，以适应不同学员的培训要求。

(3) 快存。在仿真机运行中，教练员可以在任意选择的时间点快速存储仿真机的状态，并作为初始工况暂时或永久地存储起来。每次快存时，将记录日期、时间，并可加入状态描述。仿真机在冻结状态时，同样可进行快存。

(4) 开关检查。当教练员选择一个新的初始工况时，开关检查功能用于识别控制盘台上所有开关的位置，以判别哪些开关位置与新初始工况不符，自动显示并打印出相应信息，以便学员将控制盘台的开关复归至与初始工况相对应的位置。

(5) 返回。为使学员多次重复同样的训练，教练员可在训练过程中任意时刻停止训练，并返回到仿真机先前某一状态下再开始进行培训。

(6) 记录/重演。教练员可以重现过去某一时间内学员和教练员对仿真机的操作。当仿真机处于重演方式时，重演功能将用记录教练员、操作员动作的重演文件内容代替仿真机盘台输入/输出和教练员台功能。

(7) 故障。教练员可以从教练员台上加入各种故障，以培训学员对故障的判断和处理能力。

(8) 盘/台超控。教练员可以通过设定 I/O 参数值强行替换仿真机数据库内实际的 I/O 值，对学员进行快速反应训练。教练员可通过教练员台上的操作，使盘/台上全部控制器、开关、指示仪表和报警设备等失效或者被修改。教练员可以选择一定数量的盘/台设备超控。超控一个控制开关的结果，是由该开关控制的设备将在开关被超控的位置上运行，而不管实际开关所处的位置如何，动态仿真将提供与所选超控开关位置完全一致的响应，包括系统联锁、逻辑和报警。超控一个指示仪表或光字牌报警，并不会影响仿真模型中相关过程变量值，但将使被超控的指示仪表或光字牌显示超控后的数值或位置。

(9) 参数监视。教练员可在教练员台 CRT 上监视所有仿真机参数。参数监视画面包含有：所选参数的说明、当前值、低限、高限、低报警限、高报警限和变量单位等。

(10) 参数的趋势显示监视。教练员可选择任何监视参数进行趋势显示。教练员可使用菜单在趋势图上按任意顺序指定要作趋势显示的参数。

(11) 学员成绩评定。教练员台根据学员的操作过程和操作结果自动评定学员成绩。

5. I/O 诊断软件

I/O 诊断软件用于教练员或仿真机硬件维护人员诊断并核实仿真机控制盘、台硬件的完好性和正确性。具体而言，它将用于诊断盘、台上所有指示仪表、信号灯、状态灯、开关、按钮、控制器、I/O 接口以及与主机直接相连的 CRT 等设备是否有故障或被损坏。

第四节 仿真机实习的基本要求

仿真机能仿真实际机组的任何运行工况及各种典型事故，且操作环境逼真。根据学员的培训要求，仿真机教练员可以方便地选择不同的初始工况进行培训。同时，学员可以在仿真机上方便地进行某一项目的反复培训，以便熟练掌握。而且，仿真机教练员可以重演学员的操作过程，以便学员判断自己的操作是否正确。因此，仿真机为学员提供了有效的培训方法。

学生通过仿真机实习可以熟悉发电机组的操作环境，熟练掌握发电机组在各种工况下的起停操作，熟练掌握倒闸操作，以及熟悉机组的各种异常工况和事故现象及其处理方法，提高对异常工况和事故的分析判断能力和应变处理能力。

为达到良好的培训效果，学生在进行仿真机实习时应做到下列几点。

(1) 全范围仿真机模拟的是一台具体的实际机组，而同容量、同类型的发电机组可能不完全相同。实习时必须熟悉所实习仿真机组的一次设备及系统、继电保护及自动装置的配置和作用，熟悉仿真机的二次回路等。

(2) 应熟知仿真机运行规程。

(3) 应在仿真机教练员指导下实习。

(4) 在明确仿真机培训优越性的同时，了解仿真机的局限性。因为仿真机是用模型软件来模拟实际发电机组的设备和系统的，因此，在仿真机上不能进行设备及系统的巡视检查及维护工作等。

第二章 倒闸操作和事故处理基本知识

为了适应电力系统运行方式的变化或工作的需要，需要改变电气设备的状态，倒闸操作是改变设备状态的直接手段，能否正确进行倒闸操作，将直接影响电力系统的安全运行，操作中稍有差错，便可能导致设备损坏、人身伤亡或局部甚至大面积停电事故。为了保证操作的正确性，必须严格实施倒闸操作的组织措施和技术措施。

第一节 电气设备倒闸操作

一、概述

电气设备所处的状态可分为四种不同的状态：运行状态、热备用状态、冷备用状态和检修状态。以图 2-1 所示的电气主接线为例，说明电气设备的四种状态。在图 2-1 中，发电机组采用发电机双绕组变压器单元接线，升高电压母线采用双母线带旁路母线接线。

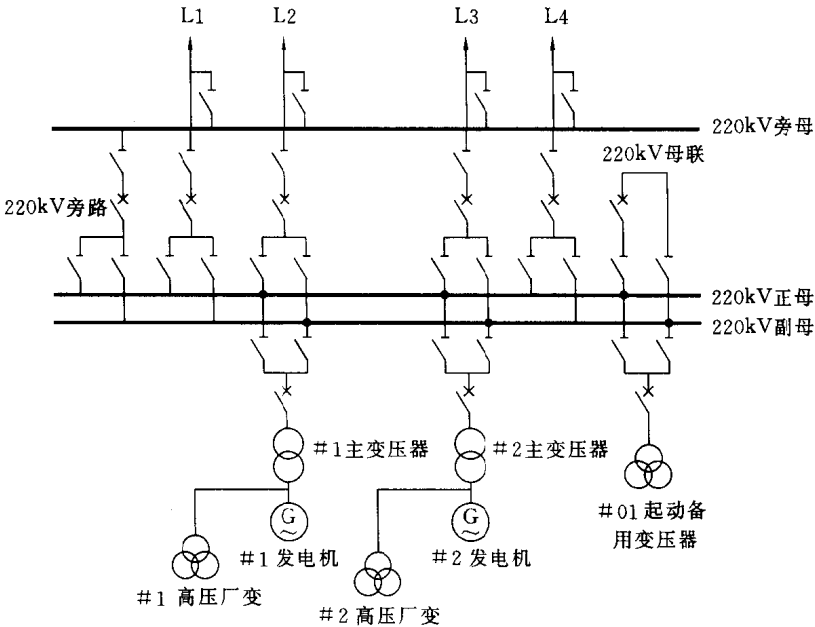


图 2-1 发电厂电气主接线

1. 运行状态

电气设备的运行状态，是指设备的隔离开关和断路器都在合上位置，电源至受电端间的电路接通。设备的所有继电保护及自动装置均投入（除调度有特殊要求的除外）。

2. 热备用状态

电气设备的热备用状态，是指设备的断路器在断开位置，而隔离开关在合上位置。其

特点是断路器一经合闸操作，设备即可投入到运行状态。

3. 冷备用状态

电气设备的冷备用状态是指设备的断路器和隔离开关均在断开位置。

(1) 线路冷备用是指线路的断路器、线路隔离开关、母线隔离开关、旁路隔离开关均断开，线路电压互感器二次侧断开。

(2) 断路器冷备用是指断路器及两侧隔离开关断开，断路器本身保护投入（调度单独发令的除外），母差保护跳该断路器的连接片和该断路器失灵起动连接片停用。

(3) 母线冷备用是指母联断路器冷备用，母线上所有隔离开关均断开，母线电压互感器二次侧断开。

4. 检修状态

电气设备的检修状态是指设备的断路器和隔离开关均在断开位置，挂上接地线或合上接地隔离开关，挂好标示牌，装好临时遮栏等。

(1) 线路检修是指线路断路器、母线隔离开关、线路隔离开关、旁路隔离开关均断开，线路电压互感器二次侧断开，该线路断路器失灵起动连接片停用，控制信号熔丝和隔离开关直流操作熔丝取下。在线路出线端挂上接地线或合上接地隔离开关。

(2) 断路器检修是指断路器及两侧隔离开关均断开，母差保护跳该断路器连接片和该断路器失灵起动连接片停用。控制信号熔丝和隔离开关直流操作熔丝取下，液压操作机构或弹簧操作机构的储能电源断开，电磁操作机构的合闸电源断开。在断路器两侧挂上接地线或合上接地隔离开关，停用断路器所有保护（线路未停时，高频保护切换开关切至“旁路”位置）。

(3) 母线检修是指母联断路器冷备用，母线上所有隔离开关均断开，母线电压互感器冷备用或检修，母线挂上接地线或合上接地隔离开关。

所谓倒闸操作就是将电气设备从一种状态转换到另一种状态所进行的一系列操作，其主要内容有：

- (1) 拉开或合上断路器。
- (2) 拉开或合上隔离开关。
- (3) 取下或放上熔断器。
- (4) 停用或用上继电保护及自动装置的连接片。
- (5) 拆除或挂上接地线等。

二、防止误操作组织措施和技术措施

倒闸操作直接改变电气设备的运行状态，是一项既重要又复杂的工作，容易发生带负荷拉合隔离开关、误分误合断路器、带电挂接地线或合接地隔离开关、带接地线（或接地隔离开关）合隔离开关、误入高压带电间隔等五种恶性误操作事故。若发生上述误操作，就会造成严重停电事故或人身、设备事故。为了防止误操作，保证电力生产的安全，必须严格实施防止误操作的组织措施和技术措施。

1. 防止误操作的组织措施

严格遵守《电业安全工作规程》和“两票三制”是防止误操作的基本组织措施。为了

防止误操作，必须严格执行操作票制度和操作监护制度。

(1) 操作票制度。要完成一个操作任务，一般需要进行十几项甚至几十项的操作，对这种复杂的操作过程，仅靠经验和记忆是办不到的。稍一疏忽、失误，就会发生误操作，故倒闸操作必须使用操作票。操作票必须填写正确，不得漏项或颠倒操作顺序。

(2) 操作监护制度。倒闸操作必须由两人执行，对设备较为熟悉的人作监护，特别重要或复杂的倒闸操作，应由熟练的值班员操作，值班负责人监护。倒闸操作时必须认真核对设备，必须认真执行唱票复诵制。每一项操作完成后，监护人应及时打“√”。全部操作完毕后，应进行复查。

2. 防止误操作的技术措施

为了防止误操作，单靠“两票三制”是不够的，必须把加装防误闭锁装置和认真执行操作票制度结合起来，以防止人为因素造成的误操作。防误闭锁装置是防止误操作的重要的技术措施，防误闭锁装置应达到室外“四防”、室内“五防”（防止带负荷拉合隔离开关、防止误分误合断路器、防止带电合接地隔离开关、防止带接地隔离开关合隔离开关、防止误入高压带电间隔）功能。常用的防误闭锁装置有机械闭锁和电气闭锁，电气闭锁又可分为电气回路闭锁和电磁锁闭锁。

一次系统的防误操作对象主要是隔离开关和接地隔离开关。隔离开关和接地隔离开关的误操作主要有：

- (1) 带负荷拉合隔离开关；
- (2) 带电合接地隔离开关；
- (3) 带接地隔离开关合隔离开关等。

为了防止误操作，对手动操作的隔离开关和接地隔离开关，一般采用电磁锁进行闭锁。对电动、气动及液压操作的隔离开关，一般采用电气回路闭锁。当隔离开关和接地隔离开关装设在一起时，它们之间应采用机械闭锁。

三、倒闸操作票的填写

倒闸操作直接改变电气设备的运行状态，容易发生误操作。倒闸操作票是防止误操作的主要组织措施，因此，正确填写操作票是正确进行倒闸操作的基础。典型倒闸操作票如图 2-2 所示。

1. 操作票填写的主要内容

(1) 操作任务。每张操作票只能填写一个操作任务，所谓一个操作任务就是根据同一个操作命令，且为了相同的操作目的而进行的一系列相互关联、依次进行的倒闸操作过程。

(2) 操作项目。根据操作任务，填写倒闸操作项目。下列各项应作为单独的操作项目填写。

- 1) 拉开或合上断路器；
- 2) 拉开或合上隔离开关；
- 3) 为了防止误操作，在操作前对相应设备运行位置必须进行的检查项目；
- 4) 取下或放上断路器的操作熔断器；
- 5) 拉开或合上电压互感器的隔离开关（取下或放上电压互感器的熔断器）；

编号:

操作人： 监护 人： 值班负责人： 值 长：

图 2-2 典型倒闸操作票

- 6) 验电、拆除或挂上接地线（拉开或合上接地隔离开关）；
- 7) 停用或用上继电保护及自动装置连接片；
- 8) 两侧有电源的设备需进行的同期操作项目等。

2. 操作票填写时的注意事项

(1) 操作票应用钢笔或圆珠笔填写，票面应清楚、整洁，不得任意涂改，应亲笔签名。

(2) 操作票必须统一编号, 并按照编号顺序使用。作废的操作票应加盖“作废”印章, 已执行的应加盖“已执行”印章。

(3) 填写操作票应使用统一的操作术语。

(4) 操作票应填写设备的双重名称，即设备的名称和编号。

(5) 操作票必须填写操作开始和终了时间，必须有操作人、监护人等的签名。

(6) 一个操作任务填写操作票数超过一页时,应在各页的备注栏中注明“转下页 No. ×××”、“接上页 No. ×××”。为避免重复,可将操作开始、终了时间填写在首页,操作人、监护人等签名和“已执行”章置于末页,续页也应填写操作任务。

(7) 如需改变模拟图方式,应在操作票最后一项填入“校正模拟图”。

(8) 操作项目填写结束,应用“#”符号作终止标志,并标在操作项目末尾的序号栏内(此行无任何操作)。若操作票正好一页填完,“#”符号标在最末一栏序号的下方。

四、倒闸操作的一般规定

(1) 倒闸操作必须根据值班调度员或值班负责人命令，受令人复诵无误后执行。倒闸操作由操作人填写操作票。

(2) 停电操作必须按照断路器、负荷侧隔离开关、母线侧隔离开关顺序依次操作，送电操作顺序与此相反。

(3) 操作人和监护人应根据模拟图核对所填写的操作项目，并经值班负责人审核签名。

(4) 操作前应核对设备名称、编号和位置，操作中应认真执行监护复诵制度。必须按操作顺序操作，每操作完一项，做一记号“√”，全部操作完毕后进行复查。

(5) 倒闸操作必须由两人执行，其中一人对设备较为熟悉者作监护。

(6) 操作中发生疑问时，不准擅自更改操作票，必须向值班调度员或值班负责人报告，弄清楚后再进行操作。

(7) 用绝缘棒拉合隔离开关或经传动机构拉合隔离开关和断路器时，均应戴绝缘手套；雨天操作室外高压设备时，绝缘棒应有防雨罩，还应穿绝缘靴。雷电时，禁止进行倒闸操作。

五、倒闸操作的基本步骤

为了防止误操作，保证电力系统的安全运行，倒闸操作必须严格按照下列步骤执行。

1. 预发命令和接受任务

现场值班人员接受由值班调度员预发的操作任务，发布和接受操作任务时必须互报单位、姓名并进行复诵、电话录音，做好记录。

2. 填写操作票

接受任务后，值班负责人应立即指定操作监护人、操作人，详细交待操作任务、大致的操作过程及注意事项。操作票由操作人填写，操作人应根据操作任务核对模拟系统图，并参照典型操作票，在操作票上逐项填写操作项目。

3. 审核操作票

填好操作票后，操作人应先自己审核，再交监护人初审，然后交值班负责人复审。审票人应认真检查操作票的填写是否漏项，顺序是否正确，术语使用是否正确，内容是否简单明了，有无错、漏字等。审票人确认无误后签名。

4. 相互考问和事故预想

监护人、操作人根据操作内容相互考问操作的正确性及操作中可能出现的异常等，确认此次操作不会发生一次设备误操作事故。

5. 正式接受操作命令

现场值班人员接受由值班调度员发布的正式操作命令，发布和接受操作命令时必须互报单位、姓名并进行复诵、电话录音，做好记录，并在操作票上填入发令时间。

6. 模拟预演

正式操作前，监护人、操作人应在模拟图上按照操作票上的操作项目和顺序进行模拟操作，最后一次核对操作票的正确性。模拟操作同正式操作一样，应认真执行监护、唱票、复诵制度。预演中拨正模拟图标志，预演结束，监护人、操作人共同作准备。