

供电企业生产技能人员实训教材

继电保护

国网河北省电力公司 组编

GONGDIANQIYE
SHENGCHAN JINENG RENYUAN
SHIXUN JIAOCAI



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

供电企业生产技能人员实训教材

继电保护

中国中 国网河北省电力公司 组编

2013.10

ISBN 978-7-5123-2120-9

9 787512 321209

中国电力出版社



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加强供电企业岗位培训的基础建设,提高培训针对性和实效性,根据公司精益化管理、标准化建设的工作要求,以规范、规程和生产作业指导书为依据,国网河北省电力公司组织直属各供电公司、检修分公司、培训中心的专家编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(共18本)。

本书为《继电保护》,主要内容包括继电保护实训室概况、继电保护及安全自动装置现场运行维护的基础知识;讲解了继电保护实训项目,包括二次回路、220kV线路保护、110kV线路保护、220kV变压器保护、母线/失灵保护、220kV断路器保护、母联充电保护、备用电源自投装置的检验方法、检验步骤、注意事项等方面的知识,并给出了各种实训项目的考评细则。

本书可供供电企业继电保护专业技能、管理人员使用,也可作为提高继电保护岗位人员工作能力的培训用书,还可作为电力职业院校教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护 / 国网河北省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2015.10

供电企业生产技能人员实训教材

ISBN 978-7-5123-5150-9

I. ①继… II. ①国… III. ①继电保护—技术培训—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 261297 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 18印张 340千字

定价 48.00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

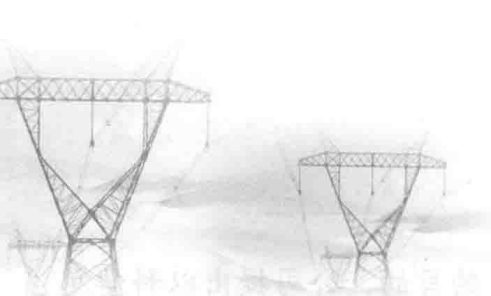
版权专有 翻印必究

供电企业生产技能人员实训教材 继电保护

编 委 会

主 任 刘克俭
副 主 任 董双武 苑立国
成 员 赵 宁 侯书其 齐向党 王向东
倪广德 赵立刚

编审组组长 赵 宁 齐向党
副 组 长 侯书其 王向东 倪广德 赵立刚
主 编 康 勇
主 审 常风然
成 员 郭健虎 张双辉 高艳萍 王 民
王 宁 陈铁雷 吕云飞 杜晓霞
许大平 田 青



序

国家电网公司董事长刘振亚曾经说过：“在改革发展的关键时期和攻坚克难的考验面前，能不能勇担责任、战胜挑战，完成好各项任务，根本要靠高素质的干部员工队伍。”从某种意义上讲，人才是企业的发展之基、转型之要、跨越之本。作为现代化国有特大型企业，必须从发展的视角、战略的高度充分认识人才培养在企业发展中的地位和作用。

国家电网公司“三集五大”体系建设进一步深化，特高压电网进入全面大规模建设阶段，河北省产业调整、工业升级、生态建设同步推进，长远来看电力需求将稳步增长，对电网发展提出更高要求。只有持续提高电网安全运行水平，才能切实担负起服务京津冀协同发展、促进产业转型、服务保障民生的重任。电网生产技能人员是电网企业安全生产的基础，如何培养出一支满足公司发展和电网发展需要的生产技能人才队伍是当前乃至以后较长一个时期的重大课题。

近年来，河北公司以岗位核心技能为重点，以高技能人才队伍建设为抓手，以考试考核为手段，大力开展全员培训取得了明显效果。同时由于培训、竞赛、调考力度的加大，也暴露出了课程教材题库等基础建设的薄弱，由于缺乏长期、统一和规范的教材开发体系，培训教材普遍存在偏重理论知识、技能操作内容较少、针对性差、实用性低的问题，特别是针对高技能人才培训的教材数量尚少，无法满足公司发展对员工

岗位能力不断提高的要求。

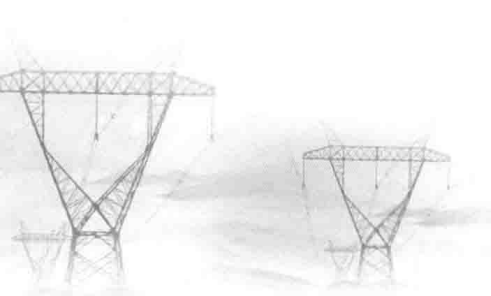
本着“干什么练什么，缺什么学什么”的目的，公司提出以科学发展观为指导，紧密结合现场实际操作要求，以技能训练为核心，以规范、规程、作业指导书为依据，以实训室设备设施为基础，在保证知识够用、技能必备的基础上，重点突出实用性、针对性、典型性，组织公司本部专业处室、培训中心、基层单位 18 个专业 115 名专家，在全面收集、分析、筛选现有技能培训教材和现场作业项目，借鉴优秀培训教材的基础上，结合生产一线岗位技能培训的实际需要，编制完成了《供电企业生产技能人员实训教材》。

《供电企业生产技能人员实训教材》共计 18 分册，涵盖了供电企业 16 个专业工种。以技能训练为主线，结合现场使用的《电力生产标准化作业指导书》、《操作导则》等技能操作规范，与各工种现场设备、技术手段、标准化作业程序同步。本教材可用于实训操作训练指导，亦可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

我们相信，在众多专家的共同努力和广大生产技能人员的支持下，实训教材体系将日趋完善，电网生产技能人员综合能力会日渐提高，企业安全生产根基将持续夯实，建设世界一流电网、国际一流企业的目标将不再遥远。真诚希望本书能够为您带来帮助。

苑立国

2015 年 2 月



前 言

为满足供电企业一线员工现场培训需求,加强供电企业生产技能岗位培训的基础建设,推动生产作业标准化,国网河北省电力公司选择18个专业(工种),编写了本套《供电企业生产技能人员实训教材》(简称《实训教材》)。《实训教材》由国网河北省电力公司一线生产专家编写,省公司组织专业审核把关,并由经验丰富的技术专家担任主审,经省公司组织试用、研讨、反复修改后成稿。

《实训教材》紧密结合现场实际操作要求,以技能训练为核心,以供电企业技术规范、规程、作业指导书为依据,突出教材可操作性、实用性、针对性和典型性。在内容定位上,以专业技能为重点,突出标准化作业,规范作业行为。在编写模式上,各专业(工种)实训指导教材不分层级,要求参训人员均按规范的、标准的作业要求完成实训项目,以操作流程为主线,相关知识和技能有限度展开,由浅入深。在使用功能上,直接用于实训室操作训练指导,并可作为现场培训和生产作业流程优化参考资料。

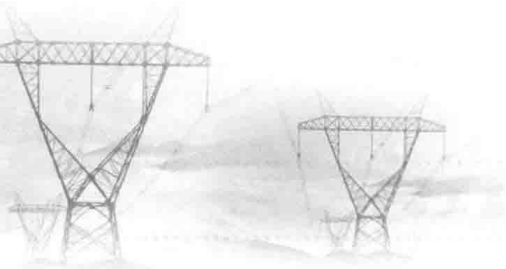
本书为《继电保护》,重点介绍继电保护及安全自动装置检验的基础知识,二次回路、线路保护等的检定及试验的基本操作技能及要点。同时本书对当前应用的新技术予以介绍,引用标准、规范力求最新。本书每章内容后面附带小结和思考练习题,针对实训给出项目评分细则,便于读者掌握重点内容和培训考核使用。本书最大程度地力求内容与实际紧密结合,理论与实际操作并重。

本书由康勇主编,由常风然主审,由高艳萍编写第一、四、五、十二、十三章,由张双辉编写第三、六、十一、十四章,由郭健虎编写第二、七、八、九、十、十五、十六、十七、十八章。

本书对供电企业继电保护专业人员岗位技能培训有较强的指导作用,也可给现场技术人员流程研究和优化提供参考,由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏或不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015年2月



目 录

序 前言

第一篇 实训概要

第一章 实训室概况	3
第一节 电网实时电磁暂态数字仿真系统	4
第二节 一次设备模拟	5
第三节 二次设备	6
第四节 系统接线方式及保护配置	6
第二章 基础知识	9
第一节 常用规程规定	9
第二节 继电保护及安全自动装置检验常用仪器仪表	9
第三节 继电保护及安全自动装置现场工作危险点及注意事项	16
第四节 继电保护及安全自动装置检验现场工作流程	18

第二篇 实训项目

第三章 二次回路检验	25
项目一 二次设备外观检查	25
项目二 交流回路检查	30
项目三 直流回路检查	33
项目四 继电器、操作箱、切换箱及辅助设备检验	36
项目五 继电保护通道传输设备检验	37

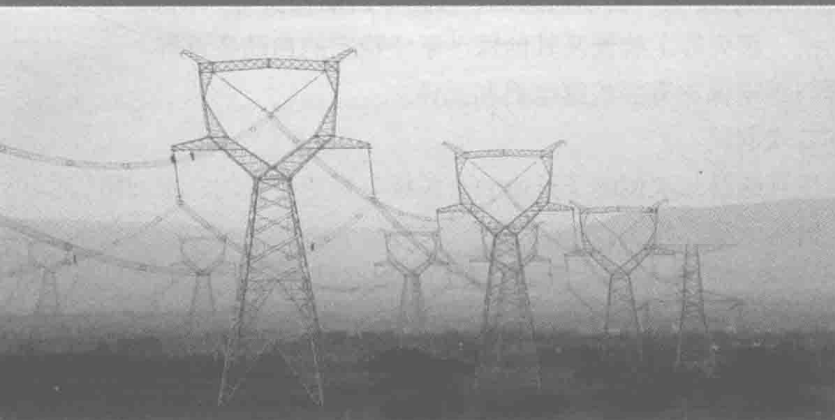
项目六 送电前检查及送电后相量检查	42
第四章 220kV 线路保护检验	54
项目一 RCS-931BM 线路保护检验	54
项目二 PSL603G 线路保护检验	67
项目三 CSC-103B 线路保护检验	74
项目四 WXH-803A 线路保护检验	84
第五章 110kV 线路保护检验	96
项目一 RCS-941A 线路保护检验	96
项目二 WXH-811A 线路保护检验	106
第六章 220kV 变压器保护检验	114
项目一 RCS-978N2 变压器保护检验	115
项目二 PST-1202A/B 变压器保护检验	134
第七章 母线/失灵保护检验	141
项目一 RCS-915AB 母线/失灵保护检验	141
项目二 BP-2B 母线/失灵保护检验	158
项目三 CSC-150 母线/失灵保护检验	164
第八章 220kV 断路器保护检验	174
项目一 RCS-921A 断路器保护检验	174
项目二 CSC-121A 断路器保护检验	184
项目三 PSL-632C 断路器保护检验	192
第九章 母联充电保护检验	200
项目一 RCS-923C 母联充电保护检验	200
项目二 CSC-122M 母联充电保护检验	209
第十章 备用电源自投装置检验	216
项目一 RCS-9651C 备用电源自投装置检验	216

第三篇 考 评 细 则

第十一章 二次回路检验评分细则	231
项目一 二次设备外观检查	231
项目二 交流回路检查	234
项目三 直流回路检查	237
项目四 继电器、操作箱、切换箱及辅助设备的检验	240
项目五 继电保护通道传输设备的检验	242
项目六 送电前检查及送电后相量检查	245
第十二章 220kV 线路保护检验评分细则	249
第十三章 110kV 线路保护检验评分细则	253
第十四章 220kV 变压器保护检验评分细则	256
第十五章 母线/失灵保护检验评分细则	260
第十六章 220kV 断路器保护检验评分细则	264
第十七章 母联充电保护检验评分细则	268
第十八章 备用电源自投装置检验评分细则	271
参考文献	274

供电企业生产技能人员实训教材

继电保护



第一篇

实训概要

继电保护及安全自动装置运维人员负责继电保护及安全自动装置的运行维护，应具备一定的素质。

1. 继电保护及安全自动装置运维人员负责维护、检验的设备及内容

(1) 继电保护装置：发电机、调相机、变压器、电动机、电抗器、电力电容器、母线、线路的保护装置等。

(2) 系统安全自动装置：自动重合闸、备用设备及备用电源自动投入装置、强行励磁、强行减磁、发电机低频启动、发电机自动自同期、按频率自动减负荷、故障录波器、振荡或预测（切负荷、切机、解列等）装置及其他保证系统稳定的自动装置等。

(3) 控制屏、监控屏与继电保护有关的继电器和元件。

(4) 连接保护装置的二次回路：

1) 从电流互感器、电压互感器二次侧端子开始到有关继电保护装置的二次回路（对多油断路器或变压器等，自端子箱开始）；

2) 从继电保护直流分路熔丝开始到有关保护装置的二次回路；

3) 从保护装置到控制屏和监控屏间的直流回路；

4) 继电保护装置出口端子排到断路器操作箱端子排的跳、合闸回路；

(5) 继电保护专用的高频、光纤通道设备回路，复用光纤通道传输设备。

2. 继电保护及安全自动装置运维人员应具备的素质

(1) 应掌握以下知识：① 电工、电力电子、电机等基础知识；② 电力系统基础及故障分析；③ 继电保护及安全自动装置原理及构成，二次回路原理及构成；④ 继电保护专业规程及反事故措施；⑤ 电力安全工作规程。

(2) 了解以下知识：① 电气设备；② 电气运行；③ 直流系统；④ 变电站综合自动化系统；⑤ 光纤及通讯基础；⑥ 整定计算基础知识。

(3) 具备以下基本技能：① 继电保护常用仪器、仪表的使用；② 继电保护及安全自动装置的检验；③ 二次回路检验；④ 现场危险点预控分析；⑤ 继电保护及安全自动装置异常分析及处理。

为提高现场人员的专业技能，应充分利用实训室加强培训。本篇介绍了继电保护实训室的基本情况，继电保护现场运行维护人员应掌握的检验基础知识、操作技能。



第一章

实训室概况

知识要点：继电保护实训室的特点、构成、各部分简介；继电保护实训室所模拟变电站的一次主接线图，线路、变压器、母线、断路器保护的配置型号。

目前全国许多省（市）电力公司具备了继电保护实训室，有些实训室只有孤立的几面保护屏，有些实训室有相应的断路器或模拟断路器，有些实训室有监控系统，有些实训室还能提供电流、电压的一次模拟系统。主要差异体现在对一次设备的仿真方式即电网电压和电流信号的产生方式上，有采用继电保护测试仪、纯物理模拟或数字仿真等几种方式。

采用继电保护测试仪作为电网电压、电流的信号源，虽然可以对单个继电保护及自动装置进行测试，但对复杂的性能测试及保护间的配合测试就很困难，无法模拟保护动作后变电站的电压和电流信号的动态特性。

采用纯物理方式模拟，利用 380V 电源和一些变压器、调压器、移相器、电抗器、开关等物理设备模拟实际电网或变电站，可以仿真出电网正常运行和事故状态下的电压和电流波形，也能将保护和自动装置的动作信号送到实际开关中使其跳闸，能够改变电源出力和负荷大小。但是，一次设备投资大，占地大，接线方式改变不灵活，故障不能在任意地点设置。

采用数字仿真方式对变电站进行电磁暂态和机电暂态仿真计算，可有效地解决了上述两种方案存在的局限性。系统仿真中可以任意改变电网和变电站的主接线方式，任意调整电源出力和负荷大小，在任意地点设置故障，并能实时输出电网正常运行和事故状态下的电压和电流波形，实时反映保护动作后电网或变电站的电压和电流信号的动态特性。

本实训室采用先进的数字物理混合实时仿真培训技术，将电网实时电磁暂态数字仿真，变电站一次设备交互式三维场景，嵌入式故障模拟装置，智能型断路器与隔离开关模拟装置，以及真实的变电站二次设备、二次回路，多媒体培训系

统集成到一个综合的 220kV 变电站数字物理混合仿真环境中，为继电保护专业、自动化专业、直流专业、变电站运行人员建立了综合培训平台，可以对上述专业人员从理论知识到专业技能进行全范围、全过程、全场景的仿真培训。二次回路中嵌入故障模拟装置，可设置直流回路、电流回路、电压回路、断路器与隔离开关回路等的二次缺陷，提高学员的消缺能力。实训室变电站数字物理混合仿真示意图如图 1-1 所示。



图 1-1 变电站数字物理混合仿真示意图

第一节 电网实时电磁暂态数字仿真系统

电网实时电磁暂态数字仿真系统采用大型电力系统电磁暂态仿真软件，在微机对所模拟系统进行动态实时仿真，并将实际的变电站二次设备所需的电压、电流等信号经高速通信系统输出，通过信号转换及输入输出系统的 D/A 转换和电压、电流功率放大器送入实际的变电站二次设备进行实时测试。同时，将变电站设备输出的保护跳闸、重合闸、模拟开关操作等控制信号转换为数字信号反馈至数字仿真系统。数字仿真系统根据反馈信号实时改变一次系统的拓扑结构和运行参数，从而形成完整的实时闭环测试。变电站的运行方式改变后，仿真计算软件可以对新方式进行各种故障计算。

电网实时电磁暂态数字仿真系统如图 1-2 所示。

电网实时电磁暂态数字仿真系统相当于电流、电压的来源，为继电保护、自

动装置、测控装置等提供实时高精度的电压、电流模拟信号源，并能够实时采集断路器、隔离开关、接地设备的状态反馈给实时电网仿真。正常运行时，给保护、自动装置、测控等提供所需的电流、电压；变电站内某处故障时，提供所需的故障电流、电压，相应的保护动作，考核保护的配合性能；并能对保护装置的性能全面细致测试。

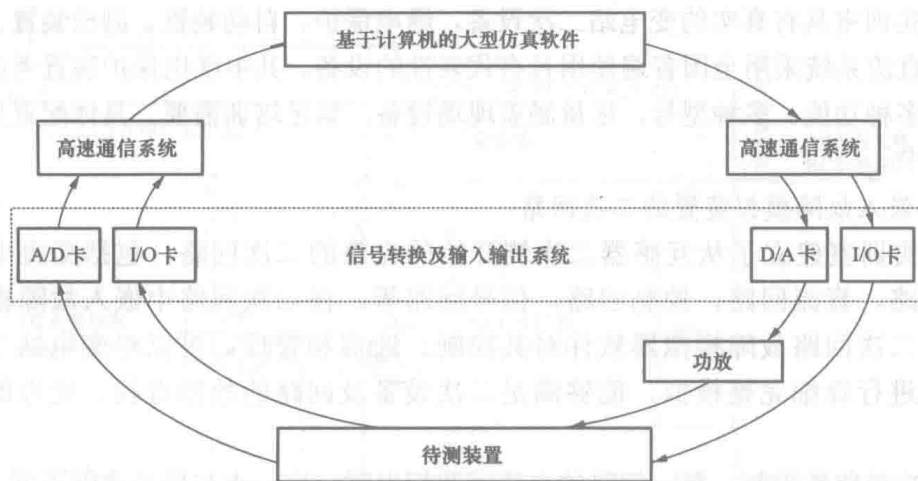


图 1-2 电网实时电磁暂态数字仿真系统

第二节 一次设备模拟

1. 变电站一次设备交互式三维场景

采用虚拟现实技术能够实现变电站一次设备及辅助设备三维交互式虚拟场景系统，实现变电站一次设备及辅助设备的三维重现，形象地反映了设备的正常、异常、事故状态及其动作过程，不但可以对虚拟场景中的设备巡视、检查、漫游，而且可以进行虚拟操作。由于继电保护及自动化实训室没有变电站一次实际设备及辅助设备，该软件能够很好地弥补这一不足，和断路器、隔离开关及操作机构模拟装置软件有机结合，建立实现全场景、全范围、全过程的培训仿真环境。

2. 智能型断路器与隔离开关模拟装置

该装置不但可以模拟断路器、隔离开关及操作机构的正常操作和动作情况，而且可以模拟断路器拒动、非全相、慢分、辅助接点不对应等各种异常、故障情况以

及隔离开关拒动、非全相、辅助接点对应等各种异常、故障情况。同时，模拟的断路器、隔离开关带有真实设备的所有回路、接点。

第三节 二次设备

1. 真实的变电站二次设备

本实训室具有真实的变电站二次设备，继电保护、自动装置、测控装置、监控系统、直流系统采用全国普遍使用且有代表性的设备。其中继电保护装置考虑多个厂家、多种功能、多种型号，尽量涵盖现场设备，满足培训需要。具体配置见第一章第四节。

2. 嵌入故障模拟装置的二次回路

本实训室建立了从互感器二次侧开始的完整的二次回路，包括交流电流、电压回路，直流回路，控制回路，信号回路等。在二次回路中嵌入故障模拟装置，由二次回路故障模拟器软件对其控制、通信和管理，可以对变电站二次回路故障进行详细完整模拟，能够满足二次设备及回路的故障查找、处理的培训需求。

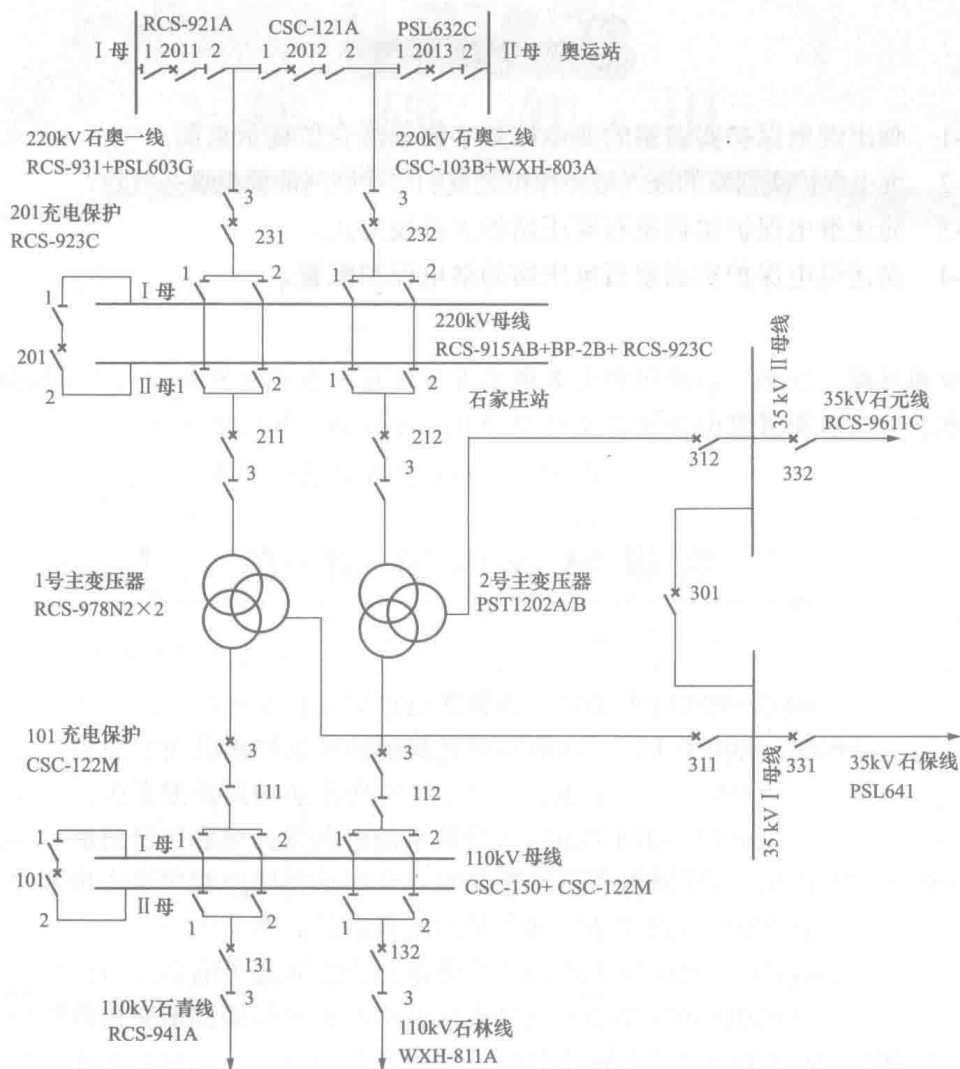
受功放路数限制，每一间隔的电流回路相串联，这一点与现场实际不同。在停用某设备实施安全措施时，需将该装置的电流回路“跨接”，而不是“封接”，以免影响该间隔的其他电流回路，这一点务必特别注意。

故障模拟装置可模拟的故障如下：① 交流电流回路的断线、反相序、短路；② 交流电压回路的断线、反相序、短路；③ 直流回路的断线故障；④ 直流系统绝缘不良；⑤ 直流回路的一点接地；⑥ 直流回路的两点接地；⑦ 断路器的跳、合闸线圈故障；⑧ 断路器的操作机构压力异常；⑨ 断路器、隔离开关转换不到位；⑩ 隔离开关辅助触点接触不良；⑪ 隔离开关辅助触点粘连。

第四节 系统接线方式及保护配置

实训室的模拟变电站命名为石家庄站，220kV 对端站命名为奥运站。

石家庄站主变采用 220kV/110kV/35kV 三绕组变压器；220kV 及 110kV 为双母线，35kV 为单母线分段。奥运站采用简化的 3/2 接线。石家庄站包括 220kV 出线 2 条，三绕组变压器 2 台，110kV 出线 2 条，35kV 出线 2 条。系统接线方式及保护配置示意图如图 1-3 所示。



继电保护实训室一次系统主接线及保护配置图



小结

应掌握继电保护实训室的模拟变电站的一次主接线图，线路、变压器、母线、断路器保护的配置型号；了解继电保护实训室的特点、构成，各部分功能及实现方式。