

等学校 **电气工程及其自动化专业** 应用型本科系列规划教材

供配电技术实验指导

GONGPEIDIAN JISHU SHIYAN ZHIDAO

主 编 朱光平 贾渭娟 胡 敏
主 审 朱家富



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

供配电技术实验指导

主 编 朱光平 贾渭娟 胡 敏

主 审 朱家富

重庆大学出版社

内容提要

本书是根据供配电技术课程教学的基本要求,基于 DJZ-III 型电气控制与继电保护实验台的基础上编写而成。其内容包括:高压一次设备认识、开关设备操作实验、低压配电柜一次设备与二次原理与接线、动力配电箱控制回路原理与接线、常规继电器特性实验、DCD-5 型差动继电器特性实验、输电线路电流电压常规保护实验、电磁型三相一次重合闸实验、输电线路的电流微机保护实验、变压器差动保护实验、线路送电倒闸操作、线路停电倒闸操作、两路进线供电转一路供电倒闸操作、一路进线供电转两路供电倒闸操作,共 14 个实验。

本书可作为应用型高等院校电类专业供配电技术课程的配套实验指导书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

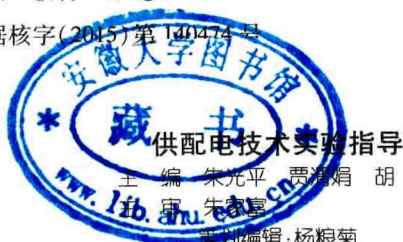
供配电技术实验指导/朱光平,贾渭娟,胡敏主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.8

高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材

ISBN 978-7-5624-9066-1

I. ①供… II. ①朱…②贾…③胡… III. ①供电系统—高等学校—教材②配电系统—高等学校—教材 IV. ①TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 140474 号



供配电技术实验指导
主 编 朱光平 贾渭娟 胡 敏
审 审 朱光平
策划编辑:杨粮菊
责任编辑:陈 力 版式设计:杨粮菊
责任校对:邬小梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:8.75 字数:153千

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-9066-1 定价:19.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

为适应人才培养目标的要求、教学特点和培养应用型人才的需要,本书通过实验巩固供配电技术理论知识,培养学生的实践技能、动手能力和分析问题及解决问题的能力,启发学生的创新意识并发挥创新思维潜力,是配合相关理论课程教学的一个重要环节。

本书作为应用型本科学校电类工科专业供配电技术课程的实验教材,是按照模块化、网络化这一新的教学理念和教学体系编写的。具有下述特点:

1. 引进新技术,教学灵活多样

紧密配合课程体系改革和实验教学改革的需要,引入计算机仿真实验和网络化管理技术,将计算机仿真实验与传统的实际工程实验有机地结合,以提供给学生先进的实验技术和发挥想象力、创造力的空间。力求在教材编写中体现出:将过去的单纯验证性实验转变为基础强化实验;将过去的综合性实验转变为应用性实验。

2. 内容充实,实验项目多样化

本书针对课程特点,根据教学大纲要求,对每个实验的实验目的、实验原理、实验内容及步骤、设计方法、注意事项等部分分别进行了阐述,以适应不同专业学生的实验要求。

3. 通用性强

本书能与学校的实验设备配套使用,满足教学大纲要求,适应性强。

本书由朱光平负责全书的策划、组织、统稿和定稿,并编写了前言、概述、实验 5—实验 7。参加本书编写的还有:重庆大学城市科技学院贾渭娟、重庆城市管理职业学院康亚南宁学院唐月夏(实验 1—实验 4);重庆科技学院任毅、朱光平(概述、前言、附录 1—附录 3);朱光平、胡敏、张义辉(实验 5—实验 7);张海燕、常继彬、李翠英(实验 8—实验 10);胡刚、石岩、张锐(实验 11—实验 14)。

本书由朱家富担任主审,并提出了许多指导性的宝贵意见和建议,同时也得到重庆科技学院实验中心的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者和同行老师提出批评和改进意见,以便再版时修改提高。

编 者

2015 年 1 月

目 录

概述	1
实验 1 高压一次设备认识	4
实验 2 开关设备操作实验	11
实验 3 低压配电柜一次设备与二次原理与接线	20
实验 4 动力配电箱控制回路原理与接线	28
实验 5 常规继电器特性实验	31
实验 6 DCD-5 型差动继电器特性实验	42
实验 7 输电线路电流电压常规保护实验	49
实验 8 电磁型三相一次重合闸实验	66
实验 9 输电线路的电流微机保护实验	77
实验 10 变压器差动保护实验	88
实验 11 线路送电倒闸操作	101
实验 12 线路停电倒闸操作	104
实验 13 两路进线供电转一路供电倒闸操作	107
实验 14 一路进线供电转两路供电倒闸操作	110
附录 1 实验台简介	113
附录 2 ZNB-Ⅱ智能式多功能表使用说明	118
附录 3 微机保护装置的使用方法	123
参考文献	134

概 述

一、实验目的

实验是教学过程中的一个重要环节,必须认真完成,其目的是:

①配合理论教学,使学生增加供电方面的感性认识,巩固和加深供电方面的理性知识,提高课程教学质量。

②培养学生使用各种常用设备仪表进行供电方面实验的技能,并培养其分析处理实验数据和编写报告的能力。

③培养严肃认真、细致踏实、重视安全的工作作风和团结协作、注意节约、爱护公物、讲究卫生的优良品质。

DJZ-Ⅲ型变配电教学实验装置在于使学生掌握系统运行的原理及特性,学会通过故障运行现象及相关数据分析故障原因,并排除故障。通过实验使学生能够根据实验目的、实验内容及测量数据进行分析研究,得出必要结论,从而完成实验报告。在整个实验过程中,学生必须集中精力,及时认真做好实验。

二、实验要求

①每次实验前,必须认真预习有关实验指导书,明确实验任务、要求和步骤,结合复习有关理论知识,分析实验,并牢记实验中应注意的问题,以免在实验中出现差错或发生事故。

②每次实验时,首先要检查设备仪表是否齐备、完好、适用,了解其型号、规格和使用方法,并按要求抄录有关铭牌数据。然后按实验要求合理安排设备仪表位置,接好线路。学生自己先行检查无误后,再请指导教师检查。只有指导教师检查认可后方可合上电源进行实验。

③实验中,要做好对实验现象、数据的观测和记录,要注意仪表指示不宜太大或太小。如果指示太大,超过了满刻度,有可能损坏仪表;如果仪表指示太小,读数又有困难,且误差太大。仪表的指示以在满刻度的 $1/3$ 至 $3/4$ 之间为宜。因此实验时要正确选择仪表的量程,并在实验过程中根据指示情况及时调整量程。在调整量程时,应切断电源。由于实验中要操作、读数和记录,所以同组同学,要适当分工,互相配合,以保证实验顺利进行。

④在实验过程中,要注意有无异常现象发生。如发现异常现象,应立即切断电源,分析原因。待故障消除后再继续进行实验。实验中要特别注意人身安全,防止触电事故。

⑤实验内容全部完成后,要认真检查实验数据是否合理和有无遗漏。实验数据需经指导教师检查认可后,方可拆除实验线路。在拆除实验线路前,必须先切断电源。实验结束后,应将设备、仪表复归原位,并清理好导线和实验桌面,作好周围环境的清洁卫生。

三、实验总结

实验总结是实验的最后阶段,应对实验数据进行整理、绘制波形和图表,分析实验数据并撰写实验报告。每位实验参与者要独立完成一份实验报告,实验报告的编写应持严肃认真、实事求是的科学态度。在实验结果与理论有较大出入时,不得随意修改实验数据和结果,而应用理论知识来分析实验数据和结果,解释实验现象,找出引起较大误差的原因。

实验报告是根据实测数据和在实验中观察发现的问题,经过自己分析研究或者分析讨论后写出的实验总结和心得体会,应简明扼要、字迹清楚、图表整洁、结论明确。

实验报告应包括下述内容。

①实验名称,实验日期、班级,实验者姓名,同组者姓名。

②实验任务和要求。

③实验设备。

④实验线路。

⑤实验数据、图表。实验数据均取 3 位有效数字,按 GB 8170—87《数值修约规则》的规定进行数字修约。绘制曲线,必须用坐标纸,坐标轴必须标明物理量和单位,曲线必须连接平滑。

⑥对实验结果进行分析处理并回答实验指导书所提出的思考题。

实验 **I**

高压一次设备认识

一、实验目的

- ①认识 10 kV 高压柜一次系统电气图。
- ②认识一次系统电气设备隔离开关、断路器、负荷开关、熔断器、电流互感器、电压互感器、避雷器等电气符号及对应的实物。
- ③掌握一次系统电气设备的相关属性及适用范围。
- ④掌握开关送电顺序及高压柜里设备的接线。
- ⑤了解二次接线对一次设备的检测、控制与保护作用。

二、实验设备

- ①HXGN-12-G1 电源进线柜。
- ②HXGN-12-G2 计量柜。

③HXGN-12-G3 母线 PT 柜。

④HXGN-12-G4 出线柜。

三、实验设备原理

1. 隔离开关

隔离开关是一个简单的高压开关,在实际中也称为刀闸。由于隔离开关没有专门的灭弧装置,故不能用来开断负荷电流和短路电流。

在配电装置中,隔离开关的主要用途如下所述。

①用隔离开关在需要检修的部分和其他带电部分构成明显可见的断口,保证检修工作的安全。

②利用“等电位原理”,用隔离开关进行电路的切换工作。

③由于隔离开关通过拉长电弧的方法灭弧,具有切断小电流的可能性,所以隔离开关可用于下述操作:

- a. 断开和接通电压互感器和避雷器。
- b. 断开和接通母线或直接连接在母线上设备的电容电流。
- c. 断开和接通励磁电流不超过 2 A 的空载变压器,或电容电流不超过 5 A 的空载线路。
- d. 断开和接通变压器中性点的接地线(系统没有接地故障才能进行)。

2. 真空断路器

高压断路器是供配电系统中最重要的开关电器。它的作用是使 1 000 V 以上的高压线路在正常负荷下接通或断开;在线路发生短路故障时,通过继电保护装置的作用将故障线路自动断开,使非故障部分正常运行。在断路器中最主要的问题是如何熄灭触头分断瞬间所产生的电弧,所以它必须具备可靠的灭弧装置。

(1) 真空断路器的特点

①真空灭弧室的绝缘性能好,触头开距小(12 kV 真空断路器的开距约为 10 mm,40.5 kV 的约为 25 mm),要求操动机构的操作功率小、动作快。

②由于开距小,电弧电压低,电弧能量小,开断时触头表面烧损轻微。因此真空断路器的

机械寿命和电气寿命都很高。特别适宜用于操作频繁的场所。

③真空灭弧室出厂时的真空度应保持为 10^{-4} Pa 以上,运行中不应低于 10^{-2} Pa,因此密封问题特别重要,否则就会导致开断失败,造成事故。

④真空断路器使用安全,维护简单,操作噪声小,防火防爆。在真空开关使用中,灭弧室无须检修。

⑤分断感性负载时会产生过电压。真空灭弧室对高频小电流的灭弧能力很强,在交流电流接近过零瞬间开断电路时还会产生多次复燃过电压和三相截流过电压。为安全起见,常常在真空开关的负载侧加装过电压保护装置,将过电压抑制在一定范围内。常用的有氧化锌避雷器和阻容保护装置。

(2) 真空断路器灭弧室结构

真空灭弧室的基本元器件有外壳、波纹管、动静触头和屏蔽罩等。在真空灭弧室内,装有一对动、静触头,触头周围是屏蔽罩。灭弧室的外部密封壳体可以是玻璃或陶瓷。动触头的运动部件连接着波纹管,作为动密封。波纹管能在动触头往复运动时保证真空灭弧室外壳的完全密封。

真空开关常用的触头有:圆盘形触头、横向磁场的触头、纵向磁场的触头。

①圆盘形触头只能在不大的电流下维持电弧为扩散型。随着开断电流的增大,阳极出现斑点,电弧由扩散型转变为集聚型电弧就难以熄灭了。增大圆盘形触头的直径可以延缓阳极斑点的形成。

②横向磁场就是与弧柱轴线相垂直的磁场,它与电弧电流产生的电磁力能使电弧在电极表面运动,防止电弧停留在某一点上,延缓阳极斑点的产生,提高开断性能。

③在同样的触头直径下,纵向磁场的触头能够开断的电流最大。纵向磁场的触头结构比较复杂,机械强度不易解决,故该触头比常规的圆盘形触头的损耗大,触头温升高。

3. 互感器

(1) 互感器的概念

互感器(transformer)是电流互感器与电压互感器的统称。从基本结构和工作原理来说,互感器就是一种特殊变压器。

(2) 互感器的分类

互感器分为电流互感器和电压互感器两类。

①电流互感器(current transformer, CT, 文字符号为 TA), 是一种变换电流的互感器, 其二次侧额定电流一般为 5 A。

②电压互感器(voltage transformer, PT, 文字符号为 TV), 是一种变换电压的互感器, 其二次侧额定电压一般为 100 V。

(3) 互感器的功能

①互感器可用来使仪表、继电器等二次设备与主电路(一次电路)绝缘, 这既可避免主电路的高电压直接引入仪表、继电器等二次设备, 也可防止仪表、继电器等二次设备的故障影响主回路, 提高一、二次电路的安全性和可靠性, 并有利于人身安全。

②互感器可用来扩大仪表、继电器等二次设备的应用范围, 通过采用不同变比的电流互感器, 用一只 5 A 量程的电流表就可以测量任意大的电流。同样, 通过采用不同变压比的电压互感器, 用一只 100 V 量程的电压表就可以测量任意高的电压。而且由于采用互感器, 可使二次仪表、继电器等设备的规格统一, 有利于这些设备的批量生产。

四、实验内容

①由老师讲解实验室安全须知, 培养学生的安全意识, 严禁不规范操作、接触高压设备; 严禁大声喧哗、吵闹等。实验室整体图如图 1.1 所示。

②引导学生认识 10 kV 高压柜(图 1.2), 一次系统的电气图(图 1.3、图 1.4), 并对相应的图符进行详细说明、讲解。



图 1.1 实验室整体图

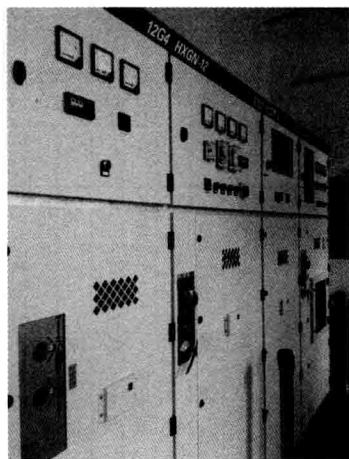


图 1.2 高压柜

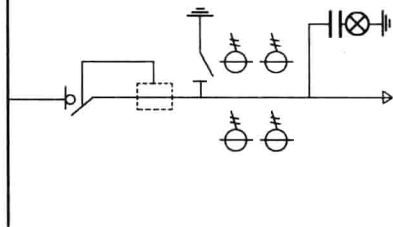
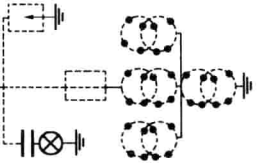
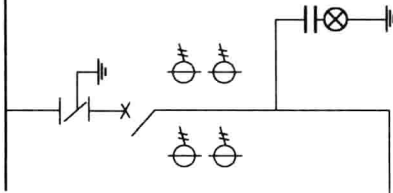
TMY3 × (50 × 5)					
电 气 一 次 接 线 图					
主 要 电 气 元 件	开关柜编号	12C4	12C3	12C2	12C1
	开关柜名称	10kV出线柜	母线PT柜	高压计量柜	电源进线柜
	开关柜型号	HXGN-12/16	HXGN-12/16	HXGN-12/23	HXGN-12/07
	尺寸(宽×深×高)	700×1 000×2 200	900×1 000×2 200	500×1 000×2 200	900×1 000×2 200
	隔离开关	GN30-630D/25 kA	GN30-630D/25 kA		GN30-630D/25 kA
	断路器				WH-V-12/630-25 kA
	负荷开关	FRN36-12D/T125-31.5			J5XGN-1 140×350×25
	操作机构				
	接地开关				
	带电显示器	SWN8D-Q			SWN8D-Q
	电流互感器	LZZBJ12-10 150b/2S 75/5		LZZBJ12-10 150b/2S 75/5	LZZBJ12-10 150b/2S 75/5
	电压互感器		JsZK-10	JDZ-10 10/0.1kV0.2S	
	微机保护装置				SNP-2000
	避雷器		HY5WS-17/50		
	熔断器		XRNP-10/0.5	XRNP-10/0.5	
电 气 元 件	电流表	2 × 42L6-75/5A			2 × 42L6-A 75/5
	电锁			DSN-AMY DC220V	
	容量				
	用途	出线	高压PT柜	高压计量柜	高压进线柜
电 缆					
进 出 线 方 式					
备 注					

图1.3 一次系统的电气图

主母线	TMY-5 × (50 × 5)									
一次接线方案										
开关柜编号	5D1	5D2	5D3	5D4						
开关柜型号	GCD2	GCD2	GCD2	GCD2						
隔离开关	630A	400A	400A	400A						
断路器	CDW1-630A/3P									
断路器	DZ47-3P/D63A									
脱扣器整定电流	800A									
脱扣器代号										
电流互感器	800/5	600/5	100/5	100/5	100/5	100/5	100/5	100/5	100/5	100/5
无功控制仪		JKC-8								
熔断器		18 × RT16-50A								
接触器		6 × CJ19-43/11								
热继电器		6 × JR36-40A								
电容器		6 × BSMJ0.4-20-3								
避雷器	NU-80/4P	HY1.5W-0.5/2.6								
用途	总路柜	电容补偿柜	低压馈线柜	低压馈线柜						
柜体尺寸(宽 × 深 × 高)	800 × 600 × 2 200	800 × 600 × 2 200	800 × 600 × 2 200	800 × 600 × 2 200						

图1.4 一次系统的电气图

③断电操作,打开柜门,对应电气图认识实物(图 1.5)。

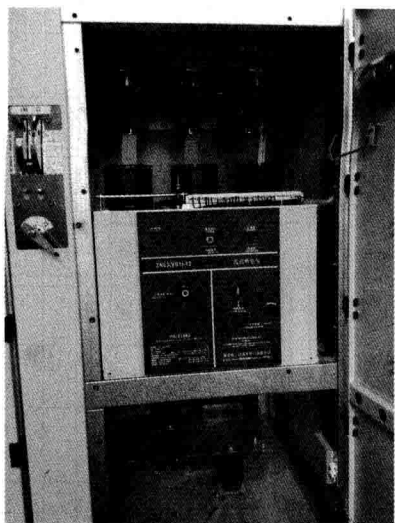


图 1.5 电源进线柜内部结构图

五、实验结果分析

①高压隔离开关、高压负荷开关和高压断路器在结构、性能和操作要求方面各有何特点?

②电流互感器的外壳上为什么要标上“副线圈工作时不许开路”等字样?

③实验报告包括以下内容:实验目的、主要参观的电气设备功能介绍及应用场合、心得体会等。

实验 2

开关设备操作实验

一、实验目的

- ①掌握开关设备在高压柜中所起的作用及重要性。
- ②了解开关设备中的电弧理论、灭弧方法及措施。
- ③掌握高压柜中开关设备停、送电操作工作流程,并注意检修时的安全事项。
- ④学会看二次设备的接线图,如图 2.1—图 2.4 所示,并掌握二次接线对一次设备的检测、控制与保护作用。

二、实验设备

- ①HXGN-12-G1 电源进线柜。
- ②HXGN-12-G2 计量柜。