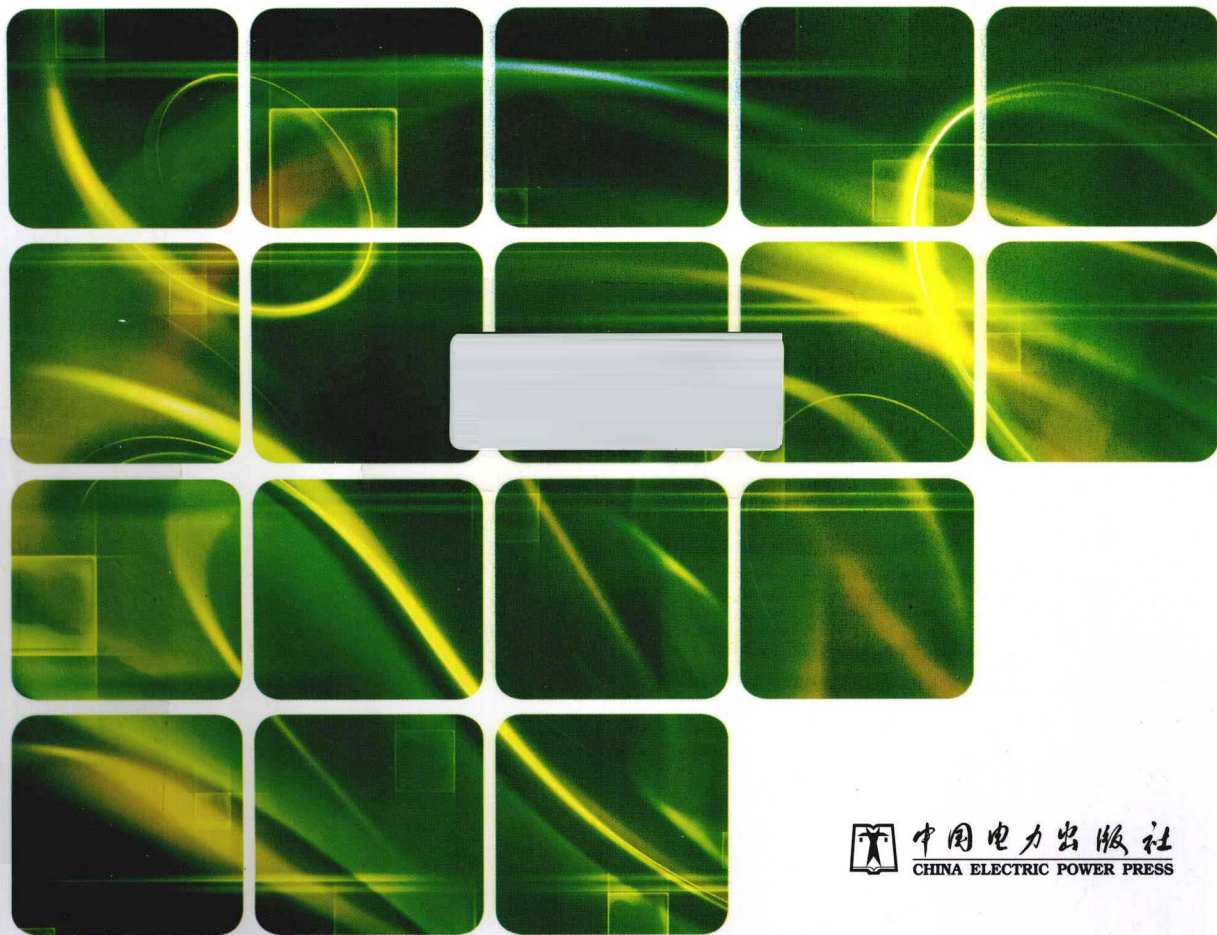




全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

继电保护及自动化 实验实训教程

王艳丽 主 编
李全意 侯 娟 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

继电保护及自动化 实验实训教程

主 编 王艳丽

副主编 李全意 侯 娟

编 写 张 灵 吴娟娟 李 强

主 审 王 杰



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

本书是根据《国家职业技能鉴定大纲（继电保护）》的要求及高等职业教育的特点，结合电力职业教育、培训工作的需要编写而成。全书共三篇，分为十一章。内容包括继电保护及自动化检验基础，常用电磁型继电器检验，继电保护及自动装置测试常用仪器仪表，电力系统微机保护装置检验通则，低压输配电线路保护测控装置及检验，高压输电线路微机保护装置及检验，电力变压器微机保护装置及检验，发电机微机保护装置及检验，微机型自动装置检测及实验，变电站综合自动化系统及实验和变电站综合自动化系统装置接线与检测。

本书可作为高职高专发电厂及电力系统、电气工程及其自动化、供用电技术、继电保护等专业实验实训教材及电力职工培训相关专业的技术培训教材，也可供相关专业技术人员和高校电力专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

继电保护及自动化实验实训教程/王艳丽主编. —北京：中国电力出版社，2012. 11

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3903 - 3

I. ①继… II. ①王… III. ①继电保护—高等职业教育—教材
②继电自动装置—实验—高等职业教育—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 315326 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

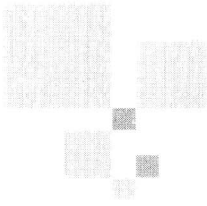
*

2012 年 11 月第一版 2012 年 11 月北京一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 429 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



全国电力职业教育规划教材

继电保护及自动化实验实训教程

前 言

以就业为导向,实施以能力为本位,培养高素质技能型人才,力争使人才培养与社会需要“零距离”,是新的历史时期高职高专教育办学的宗旨和目标。将学历教育与国家职业资格证书体系衔接起来,加强学历教育与职业资格认证的结合,使学生在取得学历证书的同时获得相应的资格证书,是实现高等职业教育办学目标的重要举措,也是提高学生就业竞争力、提升学生自我价值的重要途径。为此,作者通过对电力生产现场的调研及向有关专家咨询,在总结多年来相关专业实践教学经验的基础上,根据《国家职业技能鉴定规范·电力行业》的要求,结合电力职业教育、培训工作的需要完成了本书的编写。

本书内容较丰富全面,紧密结合生产实际,突出教材特点,实用性、可操作性强。本书可作为高职高专发电厂及电力系统、电气工程及其自动化、供用电技术、继电保护等专业的专业实验、专业实训、专业测试技术、毕业设计等相关课程的教材及电力职工的技术培训教材,也可作为相关专业技术人员和高校电力专业师生的参考书。

本书由郑州电力高等专科学校的教师编写完成,其中,第一、四、六、七章由王艳丽编写,第九、十一章由李全意编写,第五、十章由侯娟编写,第二章、第三章的第一节由张灵编写,第八章由吴娟娟编写,第三章的二、三、四节由李强编写。本书由王艳丽担任主编并负责统稿;由大唐信阳发电有限责任公司总工程师王杰担任主审,在审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示诚挚的谢意。

在本书编写过程中得到了郑州电力高等专科学校的杨晓敏、朱晓山,河南省电力公司濮阳供电公司的丁晓飞、蔡秀忠的大力支持和帮助,在此向他们致以衷心的感谢;对于本书末所附参考文献的作者以及未附在参考文献中的产品说明书、调试大纲的作者同样表示衷心的感谢。

由于编者教学水平和实践经验有限,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2012.11

目 录

前言

第一篇 继电保护及自动化工作基础

第一章 继电保护及自动化检验基础	3
第一节 继电保护及自动化工作职业概况	3
第二节 继电保护及自动化的实现	3
第三节 继电保护及自动化装置的检验	5
复习思考题一	7
技能训练一	7
第二章 常用电磁型继电器检验	8
第一节 常用电磁型继电器简介	8
第二节 常用电磁型继电器一般性检验	12
第三节 常用电磁型继电器特性实验	16
复习思考题二	21
技能训练二	23
第三章 继电保护及自动装置测试常用仪器仪表	24
第一节 电秒表	24
第二节 万用表	27
第三节 绝缘电阻表	34
第四节 继电保护多功能测试仪	37
复习思考题三	45
技能训练三	45

第二篇 电力系统微机保护装置检验

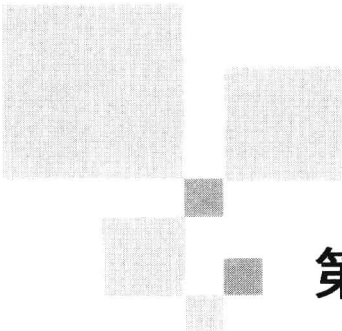
第四章 电力系统微机保护装置检验通则	49
第一节 电力系统微机保护装置概述	49
第二节 电力系统微机保护装置的检验通则	52

复习思考题四	56
技能训练四	56
第五章 低压输配电线路保护测控装置及检验	57
第一节 低压输配电线路保护测控装置简介	57
第二节 低压输配电线路保护测控装置检验	62
复习思考题五	77
技能训练五	78
第六章 高压输电线路微机保护装置及检验	79
第一节 高压输电线路微机保护装置简介	79
第二节 高压输电线路微机保护装置工作原理	80
第三节 高压输电线路微机保护装置硬件原理	93
第四节 高压输电线路微机保护装置定值及整定	101
第五节 高压输电线路微机保护装置检验	111
复习思考题六	115
技能训练六	115
第七章 电力变压器微机保护装置及检验	116
第一节 电力变压器微机保护装置概述	116
第二节 电力变压器微机保护装置工作原理	118
第三节 电力变压器微机保护装置硬件回路检验	128
第四节 电力变压器微机保护装置功能检验	132
复习思考题七	140
技能训练七	140
第八章 发电机微机保护装置及检验	141
第一节 发电机—变压器组微机保护配置与实现	141
第二节 发电机—变压器组纵差保护检验	150
第三节 发电机匝间短路保护检验	154
第四节 发电机接地短路保护检验	157
第五节 发电机失磁失步保护检验	162
第六节 发电机其他保护检验	168
复习思考题八	180
技能训练八	180

第三篇 电力系统自动化装置检测与实验

第九章 微机型自动装置检测及实验	185
第一节 备用电源自动投入装置检测	185
第二节 输电线路自动重合闸检测	201
第三节 自动按频率减负荷检测	210
第四节 微机型自动装置相关实验	217

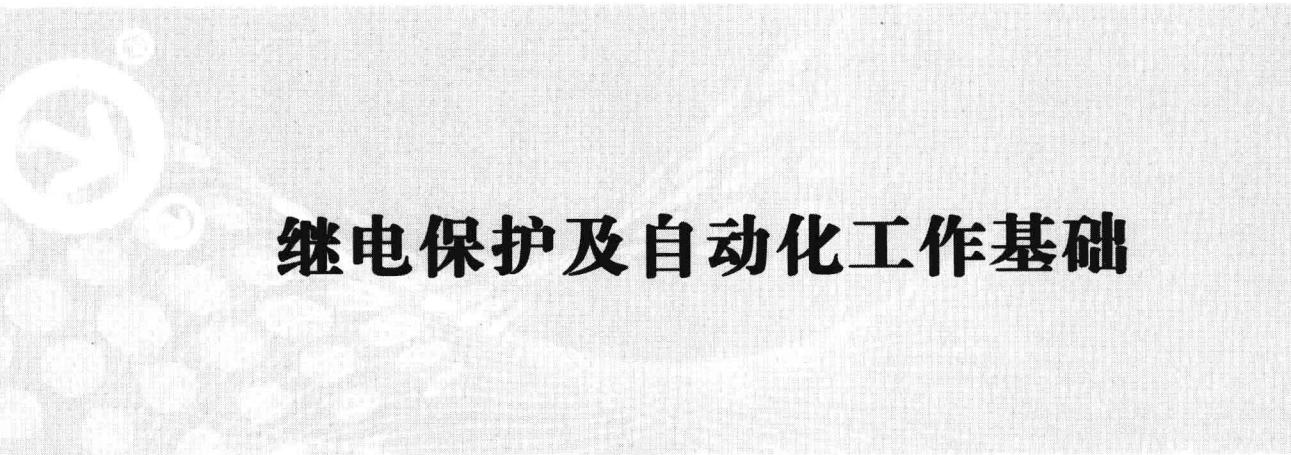
复习思考题九·····	227
技能训练九·····	228
第十章 变电站综合自动化系统及实验·····	230
第一节 分布式变电站综合自动化系统简介·····	230
第二节 微机线路保护测控单元二次回路·····	231
第三节 微机线路保护测控单元的操作与显示·····	236
第四节 变电站综合自动化系统相关实验·····	242
复习思考题十·····	246
技能训练十·····	246
第十一章 变电站综合自动化系统装置接线与检测·····	247
第一节 线路保护测控装置外部接线与检测·····	247
第二节 变压器测控装置外部接线及检测·····	252
复习思考题十一·····	266
技能训练十一·····	266
附录 A 微机保护装置试验报告·····	267
附录 B CSF206L 线路保护装置连接片、定值、控制字·····	270
附录 C CSF206L 线路保护装置端子图·····	273
参考文献·····	274

A series of squares of varying sizes and shades of gray, arranged in a stepped pattern from the top left towards the center.

全国电力职业教育规划教材

继电保护及自动化实验实训教程

第一篇

A wide horizontal band with a textured, light gray background. On the left side, there is a circular logo containing a stylized 'E' and a lightning bolt. Below the logo, there are several small, faint circular patterns.

继电保护及自动化工作基础

第一章

继电保护及自动化检验基础



教学目的

了解继电保护工作的性质、职业道德及职业能力特征；熟知继电保护检验的基本原则；掌握继电保护屏的基本构成，初步掌握常见继电保护屏的布置规律。



教学目标

能说明继电保护工作的性质、职业道德及职业能力特征；能说明继电保护及自动化装置检验的分类与周期；能说明继电保护屏构成的基本原则；会结合实际讲述常见微机型继电保护屏的构成及屏上各元器件的作用。

第一节 继电保护及自动化工作职业概况

一、继电保护工的职业道德

继电保护是保证电网安全运行、保护电气设备的主要装置，是组成动力系统整体不可缺少的重要部分。继电保护装置配置使用不当或不正确动作，必将引起事故或使事故扩大。继电保护工作专业技术性强，一根线、一个触点的问题可能造成重大事故。因此继电保护工作人员应热爱本职工作，具有强烈的事业心，工作认真仔细，刻苦钻研技术，遵守劳动纪律，爱护工具设备，安全文明生产，诚实团结协作，艰苦朴素，尊师爱徒。

二、继电保护职业等级及职业环境条件

继电保护职业等级按照国家职业资格等级分为初级、中级、高级、技师和高级技师五个等级。

继电保护职业的环境条件是：室内、室外作业；部分季节设备检修、维护时高温作业，有一定噪声及灰尘。

三、继电保护职业能力的特征

继电保护职业能力的特征是：能根据值班记录以及信号、表计、保护动作情况、动作报告、故障录波报告等分析判断保护装置的异常情况并能进行正确处理，应具有领会理解和应用技术文件的能力，具有用精练语言进行联系和交流工作的能力，并能准确而有目的地运用数字进行运算，具有凭思维想象几何形体，懂得一维物体和二维物体表现方法。

第二节 继电保护及自动化的实现

一、继电保护及自动化装置的基本工作过程

图 1-1 所示为某一线路保护原理接线示意图，以该图为例，说明继电保护装置的工作

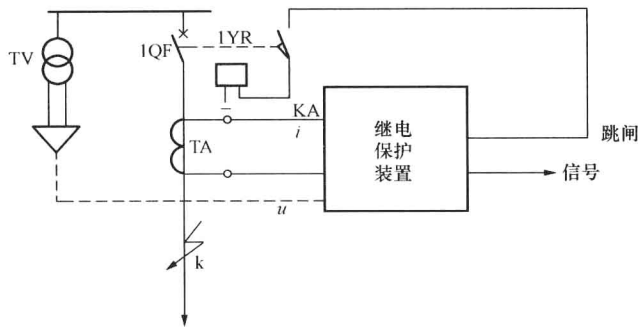


图 1-1 继电保护装置工作过程示意图

过程。当线路的 k 点发生短路时，线路中的电流由负荷电流突然增大到短路电流，通过电流互感器 TA 反应到二次侧后流过继电保护装置；同时母线电压降低，通过电压互感器 TV 二次反应到继电保护装置。继电保护装置通过对输入电流和电压进行计算比较判断，当满足跳闸的条件时，发出跳闸脉冲，经过断路器的动合辅助触点驱动其跳闸线圈，使断路器跳闸；如果仅满足告警条件时，发出告警信号。

继电保护自动装置的功能在实际实现时，其过程大致可描述为：首先根据被保护设备的需要，确定所需的微机保护自动装置型号，将这些装置按照国家规定的标准，安装在标准的继电保护自动装置屏上，并依照图纸完成屏内各单元之间的连线，对组装完毕的继电保护自动装置屏进行出厂调试，并将其运输至被保护设备所在的变电站（或集控站）进行安装；最后完成被保护设备对应回路的电流互感器二次侧、电压互感器二次侧与本继电保护自动装置屏之间的连线，进行整组调试。经过上述主要环节，就组成了某一被保护设备的继电保护及自动装置系统，该系统按照要求完成其继电保护及自动装置的任务。

图 1-2 (a)、(b) 所示为微机型继电保护屏正面图；图 1-2 (c) 所示为微机型继电保护屏背面图；图 1-2 (d) 所示为某一条线路保护屏交流部分接线示意图。

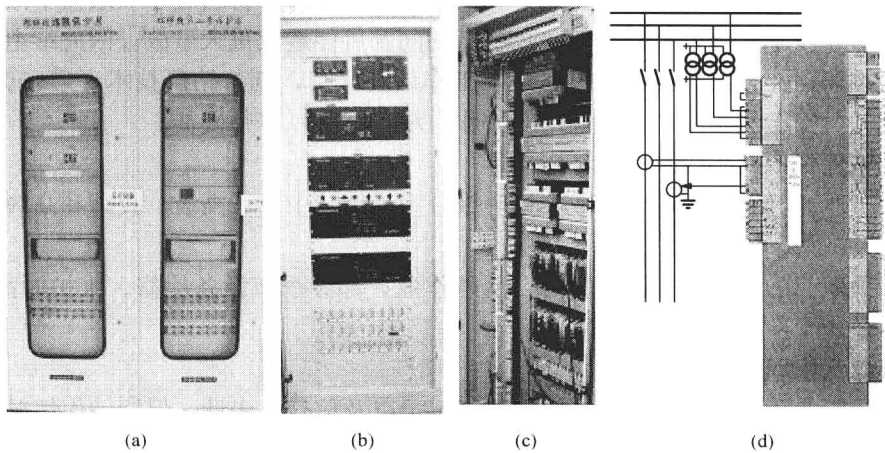


图 1-2 继电保护屏图片

(a)、(b) 微机型继电保护屏正面图；(c) 微机型继电保护屏背面图；
(d) 某一条线路保护屏交流部分接线示意图

二、继电保护屏的基本构成

下面以 PXH—309x 线路保护屏为例，学习继电保护屏的构成。PXH—309x 线路中屏是适用于双母线接线的 220~500kV 线路，具有全线速动主保护和完整的后备保护，并能进行一次自动重合闸。PXH—309x 线路保护屏主要由 WXH—11x 微机线路保护装置、分相操作继电器

箱、交流电压切换装置和 SF—500 收发信机构成，其屏正面照片如图 1-3 所示。

(1) 交流电压切换装置的作用是：当双母线运行方式变化时，完成输入给有关保护装置及测量回路的 A 相、B 相、C 相和零序电压的切换。

(2) 分相操作继电器箱主要包括了本线路除微机保护装置以外，所有保护、控制、信号等回路有关的继电器。例如，手动跳闸继电器、手动合闸继电器、跳闸位置继电器、合闸位置继电器、信号继电器等。

(3) SF—500 收发信机的作用是与微机保护装置配合实现高频保护的功能。

(4) WXH—11x 微机线路保护装置主要实现对被保护线路的高频保护、距离保护、零序保护及重合闸功能。

(5) 重合闸方式切换开关、按钮。其中重合闸方式切换开关用于重合闸工作方式的切换；其他按钮分别完成本屏有关信号的试验、复归、启动等。

(6) 打印机主要是与微机保护装置配合完成各种报告的打印。

(7) 保护连接片用于控制本保护屏上所有保护的投入和退出。

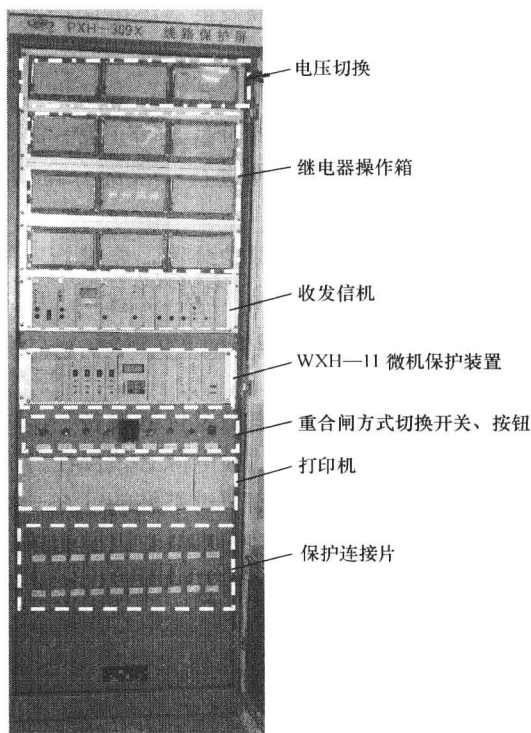


图 1-3 PXH—309x 线路
保护屏正面照片

第三节 继电保护及自动化装置的检验

一、继电保护及自动化装置检验的分类与周期

1. 继电保护装置检验的分类

按照《继电保护及电网安全自动装置检验条例》的规定，继电保护装置的检验分为新安装验收检验、定期检验和补充检验三类。

(1) 新安装验收检验是在继电装置新安装完毕时进行的检验。新安装验收检验时，要求对继电装置进行全面检查试验，以保证其投入运行后的性能和质量满足整定要求。

(2) 定期检验指继电保护装置运行后定期进行的检验。定期检验又分定期全部检验、定期部分检验以及作用于断路器的整组跳合闸试验三种情况。定期检验时，应根据不同情况按照现场检验规程的要求，分别进行相应项目和内容的检查试验。

(3) 继电保护装置的补充检验主要是指由于保护装置改造、一次设备检修或更换、运行中发现有异常情况以及在事故以后所进行的检验，检验项目主要根据实际情况考虑确定。

2. 继电保护装置检验的周期

继电保护装置检验期限的确定，主要是从现场运行条件及继电保护装置制造质量等方面

考虑。根据国家电网公司颁发的《继电保护及电网安全自动装置检验条例》规定，继电保护装置的检验期限如下。

(1) 对于机电型继电保护装置，在新投入运行后的第一年内必须进行一次全部检验，以便对继电器作全面检查，评价其是否正常。第一次定期全部检验以后，要求每 3~5 年进行一次全部检验；每年还必须进行一次部分检验以及每年不少于一次作用于断路器的跳合闸试验。

(2) 对于微机型继电保护装置，要求新安装的保护装置第一年内进行一次全部检验，以后每 6 年进行一次全部检验（220kV 及以上电力系统微机线路保护装置全部检验时间一般为 2~4 天）；每 1~2 年进行一次部分检验（220kV 及以上电力系统微机线路保护装置部分检验时间一般为 1~2 天）。

二、继电保护试验用电源及仪器设备

继电保护试验所用的试验电源必须保证具有良好的波形。一般要求通入保护装置的试验电流、电压的谐波分量不宜超过基波的 5%，必要时，可用谐波分析仪检测。交流试验电源和相应调整设备应具有足够的容量，以便有效防止在大试验负载时试验电源波形畸变。试验电源频率的变化对某些保护装置的电气特性影响较大时，应注意监测试验电源的频率，当频率与 50Hz 有差别时，应加以记录并考虑频率的影响。

为保证检验质量，在进行继电保护装置的电气试验时，应根据被测量的特性，选用合适的测量表计。在进行继电保护装置整定试验时，所用仪表的精确度应不低于 0.5 级。测量保护装置内部回路所用的仪表应保证不致破坏该回路的参数值。如并接于电压回路上的表计，应采用高内阻的仪表；若测量电压小于 1V，应用电子毫伏表或数字型仪表；串接于电流回路的仪表，应采用低内阻的表计；测定绝缘电阻，一般情况下，采用 1000V 绝缘电阻表进行。

继电保护试验用的调节设备，如变阻器、调压器以及各种专用试验装置，应保证足够的热稳定性能，其容量应根据电源电压大小、试验接线误差及保护定值的要求，进行合理选定；同时调节设备应操作灵活方便，调整均匀平滑。

三、试验回路接线

进行继电保护试验时，试验回路的接线应尽量模拟实际运行情况，使得试验时通入保护装置的电气量与保护装置的实际工作情况相符合。

四、试验数据记录

记录继电保护测试结果的数据时，应注意以下事项。

(1) 继电器在整定位置下动作值测试或者对微机保护所有特性中的每一点检测时，均应重复试验三次，每次试验的数值与整定值之间的误差应满足规定的要求。

(2) 对带有铁质外壳的继电器，应把外壳罩好后再录取测试数据作为正式试验数据。

(3) 在对继电器进行电流或电压冲击试验时，冲击电流值按保护安装处的最大故障电流；冲击电压值按 1.1 倍额定电压。

(4) 对于电气特性受试验电源频率变化影响较大的保护装置，在记录其试验数据时，应注明试验时的电源频率。

五、误差、离散值的计算方法

继电保护在试验时动作误差、离散值的计算式为

$$\text{动作误差}(\%) = \frac{\text{实测值} - \text{整定值}}{\text{整定值}} \times 100\%$$

$$\text{离散值}(\%) = \frac{\text{与平均值相差最大的数值} - \text{平均值}}{\text{平均值}} \times 100\%$$

六、继电保护及自动化装置的检验报告

1. 继电保护检验报告的内容

继电保护检验报告的内容一般应包括下列各项。

- (1) 被试设备的名称、型号、制造厂、出厂日期、出厂编号、装置的额定值。
- (2) 检验类别。
- (3) 检验项目名称。
- (4) 检验条件和检验工况。
- (5) 检验结果及缺陷处理情况。
- (6) 有关说明及结论。
- (7) 使用的主要仪器、仪表的规格型号和出厂编号。
- (8) 检验日期。
- (9) 检验单位的试验负责人和试验人员名单。
- (10) 试验负责人签字。

2. 继电保护检验报告举例

某微机线路保护试验报告见附录 A。

复习思考题一

1. 简述继电保护工作的性质、职业道德及职业能力的特征。
2. 继电保护装置检验的分类有哪些?
3. 根据《继电保护及电网安全自动装置检验条例》，继电保护装置的检验期限是如何规定的?
4. 对于继电保护试验用的电源及仪器设备有哪些要求?
5. 记录继电保护测试结果的数据时，应注意哪些事项?
6. 继电保护在试验时动作误差、离散值的计算式是什么?
7. 图 1-1 中线路的电压等级若分别为 10、110kV 和 220kV 时，相应配置的继电保护装置应具有哪些继电保护及自动装置的功能（应配置哪些继电保护及自动装置）?

技能训练一

任务 1：画出 PXH—309x 线路保护屏的屏面布置图，写出各单元的主要作用。

任务 2：完成某 10kV 线路定期检验报告的初步设计（不带检验数据）。



教学目的

了解继电器一般检验项目和方法；熟悉电磁型电流、中间、时间、信号继电器的内部结构与工作原理；掌握电磁型继电器电气特性试验方法；掌握电磁型电流继电器返回系数的调整方法。



教学目标

学会继电器一般检验项目和方法；参照实物能说明电磁型电流、中间、时间、信号继电器的内部结构，能讲解其工作原理；能熟练进行电磁型继电器电气特性试验的操作；能进行电磁型电流继电器返回系数的调整操作。

第一节 常用电磁型继电器简介

不同性能的电磁型继电器，通过一定的逻辑组合构成电磁型保护装置，由于电磁型保护应用时间长，技术成熟且价格低廉，因此电磁型保护目前仍在配网和工矿企业供用电系统中得以应用。根据通入继电器线圈中输入量的物理性质不同，电磁型继电器可分为电流继电器、电压继电器；按通入继电器线圈电流种类的不同，又可分为交流继电器、直流继电器。常用的电磁型继电器有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器和信号继电器等。几种常用电磁型继电器的文字符号和图形符号见表 2-1。

表 2-1 常用电磁型继电器的文字符号和图形符号

继电器名称	文字符号	图形符号	继电器名称	文字符号	图形符号
电流继电器	KA		信号继电器	KS	
中间继电器	KM		时间继电器	KT	

一、电磁型电流继电器

1. 用途

电磁型电流继电器用于发电机、变压器、输电线路及电动机等的过负荷和短路的保护装置，用以反应被保护对象的电流变化，作为继电保护的测量和启动元件。

2. 构成

(1) 面板。电流继电器面板上(铭牌)标示的内容有:继电器型号、名称、额定电流(电流的性质和大小)、刻度盘、继电器线圈串并联时的刻度倍数以及生产厂家和出厂编号。图 2-1 (a) 所示为 DL-32 型电流继电器的面板。

(2) 内部结构。电流继电器由电磁铁、线圈、Z 形舌片、弹簧、动触点、静触点、限制螺杆、定值调整把手、刻度盘、轴承等构成。图 2-1 (b) 所示为 DL-32 型电流继电器的内部结构。

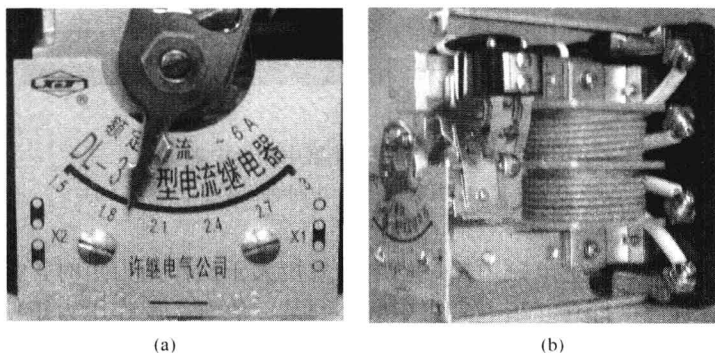


图 2-1 DL-32 型电流继电器

(a) 电流继电器面板; (b) 电流继电器内部结构

3. 工作原理

电流继电器为瞬时动作继电器。当加至继电器线圈上的电流达到一定值时,该电流产生的电磁力矩克服弹簧反作用力矩和摩擦力矩,继电器动作,动合触点闭合,动断触点断开;当线圈上所加电流中断或减小到一定值时,弹簧的反作用力矩使继电器返回,动合触点断开,动断触点闭合。

4. 整定值调整

继电器铭牌上的刻度值为线圈串联时的动作电流值。

继电器整定值的调整方法有两种。

(1) 转动刻度盘上指针(定值调整把手),改变弹簧的反作用力矩,从而改变继电器的动作值。调整把手顺时针转动时,整定值减小;逆时针转动时,整定值增大。

(2) 改变继电器线圈的连接方式,调整把手位置不变,继电器线圈并联时的动作电流值是串联时的 2 倍。

二、中间继电器

1. 用途

中间继电器在继电保护及自动装置中,作为增加触点数量和容量的辅助继电器。

2. 构成

(1) 面板。中间继电器面板上标示的内容有:继电器型号、名称、工作电压(电压的性质和大小)以及生产厂家和出厂编号。图 2-2 (a) 所示为 DZY-204 型中间继电器的面板。

(2) 内部结构。中间继电器由电磁铁、线圈、舌门衔铁、触点片等构成。图 2-2 (b) 所示为 DZY-204 型中间继电器的内部结构。

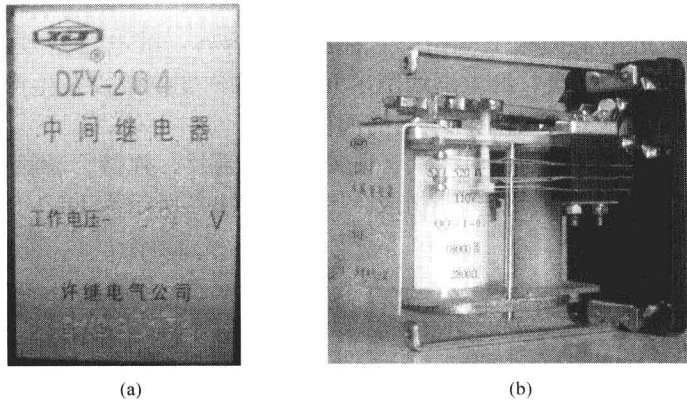


图 2-2 DZY—204 型中间继电器
(a) 中间继电器面板；(b) 中间继电器内部结构

3. 工作原理

继电器线圈通电时，产生电磁力矩，当电磁力矩大于反作用力矩时，衔铁被吸合，带动动合触点闭合，动断触点打开；当电磁力矩减小到某一值时，反作用力矩使衔铁返回，带动触点返回到初始位置。

4. 类型与型号

中间继电器用途广、类型多，常用的型号有：DZ 型（瞬时动作的一般中间继电器），DZB 型（带保持线圈的中间继电器），DZS 型（具有延时特性的中间继电器），DZJ 型（交流电磁型中间继电器），DZK 型（快速动作的中间继电器等）。

三、信号继电器

1. 用途

信号继电器用于继电保护及自动装置中作为整组和个别元件动作后的信号指示，以便于分析继电保护与自动装置的动作情况。信号继电器分为电流启动或电压启动两种不同的类型。

2. 构成

(1) 面板。信号继电器面板上标示的内容有：继电器型号、名称、额定电流值以及出厂编号和生产厂家。图 2-3 (a) 所示为 DX—31B 型信号继电器的面板。

(2) 内部结构。信号继电器由电磁铁、线圈、舌门片、调节螺丝、带有可动触点的轴、弹簧、舌门片行程限制档、红色信号指示钮等构成。图 2-3 (b) 所示为 DX—31B 型信号继电器的内部结构。

3. 工作原理

信号继电器按电磁原理构成。当线圈通电时，衔铁被吸住，继电器动作，红色的信号指示钮被弹出，同时动合触点闭合并机械自保持。

4. 手动复归

信号继电器需手动复归红色信号指示钮。图 2-3 (c) 所示为信号继电器动作，红色信号指示钮弹出时的情况。

5. 特点

DX—31 型信号继电器的特点是电磁启动、掉牌信号、机械保持和手动复归。