

GONGDIAN QIYE JINENG GANGWEI DIANXING ZUOYE XIANGMUHUA JIAOCAI

供电企业技能岗位典型作业项目化教材

二次回路及继电保护检测

主 编 张 英

副主编 田恩勇 吴 念 唐 勇



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

GONGDIAN QIYE JINENG GANGWEI DIANXING ZUOYE XIANGMUHUA JIAOCAI

供电企业技能岗位典型作业项目化教材

二次回路及继电保护检测

主 编 张 英

副主编 田恩勇 吴 念 唐 勇



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

遵循以职业技术应用能力培养为主线, 兼顾一般能力培养的原则, 贵州电力职业技术学院电力工程系教师联合贵州电网公司的技能专家, 围绕供电企业技能岗位典型作业任务, 以项目化的方式, 按照理实一体化原则编写了《供电企业技能岗位典型作业项目化教材》丛书, 包括变电运行、电气试验、变电设备检修及维护、二次回路及继电保护检测四个分册。

本书是《供电企业技能岗位典型作业项目化教材 二次回路及继电保护检测》分册, 共包括七个典型作业项目: 电磁型电流继电器与直流中间继电器的检测; 110kV 线路保护全部检测; 主变压器保护部分检测; 110kV 线路备自投部分检测; 110、35kV 及 10kV 电压并列装置验收检测; 35kV 断路器控制回路断线缺陷检查; 10kV 主变压器差动保护事故跳闸检查。

本书可作为二次回路及继电保护检测作业员培训或自学用书、高职高专相关专业教学用书, 也可作为二次回路及继电保护检测专业技术人员、技能人员和高等院校相关专业师生的阅读参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

二次回路及继电保护检测 / 张英主编. —北京: 中国电力出版社, 2015.7

供电企业技能岗位典型作业项目化教材

ISBN 978-7-5123-7904-6

I. ①二… II. ①张… III. ①二次系统-检测-岗位培训-教材②继电保护-检测-岗位培训-教材 IV. ①TM645.2
②TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 123195 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 182 千字

印数 0001—2000 册 定价 38.00 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

《供电企业技能岗位典型作业项目化教材 二次回路及继电保护检测》

编写人员

主 编 张 英

副主编 田恩勇 吴 念 唐 勇

参 编 孙 欣



在高等职业院校提升专业服务产业发展能力的人才培养方案中，考虑到我国电力行业发展的现状与职业教育、岗位培训的特点，结合相关专业的教学情况，实施“三段递进式”工学交替的人才培养模式，即第一阶段的职业认知期、第二阶段的职业成长期和第三阶段的职业成型期，使学员成长为具有职业能力和职业素质的合格毕业生。

针对职业认知期、职业成长期、职业成型期的技能培养要求应设计与之相适应的“教、学、做一体化”课程体系。新课程体系的确立以人才培养目标为起点，以提高学员综合素质为根本目的；本着专业技能培养与职业资格认证整合设计的原则，根据专业培养目标和规格的要求，以技术应用能力培养为主线，安排教学内容和课程体系；考虑教学活动与行业活动规律的结合，优化组合、调整结构、突出重点，科学安排理论教学和实践教学。遵循以职业技术应用能力培养为主线，兼顾一般能力培养的原则，贵州电力职业技术学院电力工程系教师联合贵州电网公司的技能专家，围绕供电企业技能岗位典型作业任务，以项目化的方式，按照理实一体化原则编写了《供电企业技能岗位典型作业项目化教材》丛书，包括变电运行、电气试验、变电设备检修及维护、二次回路及继电保护检测四个分册。

供电企业技能专家根据岗位要求确定典型工作业项目，并从学习目标、项目分析、相关知识、方法与步骤、项目实施、项目评价六个方面进行了详细阐述，最后布置了思考题。

本书为《供电企业技能岗位典型作业项目化教材 二次回路及继电保护检测》分册，由张英担任主编，田恩勇、吴念、唐勇担任副主编，孙欣参与编写。

因水平有限，书中难免存在不妥或疏漏之处，恳请读者提出宝贵建议与意见，以便我们完善和提高。

编者

2015年2月



目 录



前言

1. 项目一	电磁型电流继电器与直流中间继电器的检测	1
	一、学习目标	2
	二、项目分析	2
	三、相关知识	3
	四、方法与步骤	15
	五、项目实施	15
	六、项目评价	16
	思考题	17
2. 项目二	110kV 线路保护全部检测	19
	一、学习目标	20
	二、项目分析	20
	三、相关知识	20
	四、方法与步骤	35
	五、项目实施	35
	六、项目评价	38
	思考题	40
3. 项目三	主变压器保护部分检测	41
	一、学习目标	42
	二、项目分析	42
	三、相关知识	43
	四、方法与步骤	61

五、项目实施	61
六、项目评价	62
思考题	64

4. 项目四 110kV 进线备自投装置部分检测 65

一、学习目标	66
二、项目分析	66
三、相关知识	66
四、方法与步骤	83
五、项目实施	83
六、项目评价	84
思考题	86

5. 项目五 110、35kV 及 10kV 电压并列装置验收检测 87

一、学习目标	88
二、项目分析	88
三、相关知识	89
四、方法与步骤	100
五、项目实施	102
六、项目评价	102
思考题	104

6. 项目六 35kV 断路器控制回路断线缺陷检查 105

一、学习目标	106
二、项目分析	106
三、相关知识	106
四、方法与步骤	113
五、项目实施	116
六、项目评价	116
思考题	118

7. 项目七	110kV 主变压器差动保护事故跳闸检查	119
一、学习目标	.....	120
二、项目分析	.....	120
三、相关知识	.....	121
四、方法与步骤	.....	133
五、项目实施	.....	135
六、项目评价	.....	135
思考题	.....	137
附录 A	110kV 线路保护全部检验标准试验报告样板（带试验数据）	138
附录 B	主变压器（三侧四断路器型）保护全部检验试验报告标准 样板（带试验数据）	144
参考文献	.....	161

1. 项目一



电磁型电流继电器与直流
中间继电器的检测





一、学习目标

1. 知识目标

- (1) 了解各种电磁型继电器的检验目的、原则及流程。
- (2) 掌握试验前安全措施要求。
- (3) 掌握试验项目、试验步骤及设备试验方法；掌握电磁型继电器的试验方法、注意要点，通过一种具体的微机保护功能项试验，掌握微机保护中其他功能项的相应试验方法。

2. 能力目标

通过该项目的学习与操作，针对不同功能继电器进行接线及试验，了解试验中的安全措施要求，意识到试验中的危险；能正确地使用继电保护测试仪和万用表，能根据继电器的整定刻度值正确地将电气量对应接入继电器的接线端子，能正确地对接地距离 I 段保护进行逻辑和精度校验，会记录相关试验数据，会做试验报告等。

二、项目分析

1. 电磁型继电器

由于电磁型继电器的型号比较多，不同的生产厂家有不同的设备生产型号及不同的设备尺寸，不同的功能有不同的继电器原理，但按照继电器在电力系统继电保护中所起的作用，继电器一般分为电流继电器、电压继电器、差动继电器、零序功率方向继电器、阻抗继电器、负序电压继电器、直流中间继电器、直流时间继电器、直流信号继电器等。

电磁型继电器是电力系统早期继电保护及电力元件控制的主要组成单元，在相当长的一段时间内，在电力系统中被广泛应用。从 20 世纪 80 年代末期到 90 年代，由于集成电路的发展及微机保护的研发成功，电磁型继电器被大量的半微机化保护或微机保护取代。到 2007 年，全国的 110kV 及以上电力输电网中的变电站全面实现微机保护的保护与控制。在 2005 年左右，我国开始研发数字化变电站设备，在全国各省均有数字化变电站不断试点投运。目前，贵州省已有各种电压等级数字化变电站投入电网运行，设备的运行可靠性得到增强。

尽管如此，电磁型继电器组合式保护作为箱体式保护、集成电路式保护、微机保护及数字式保护的始祖，后期的各种保护设计思想均源于早期的设计思路，在实

现逻辑上均有早期电磁型继电器的印痕，因此，有必要对电磁型继电器的试验校验方法进行以点带面的介绍，希望通过对个别继电器的某一方面的特性试验与校验，同学们能举一反三，在接触到一个新型号的继电器后能结合生产说明书进行相应的检验工作。

2. 微机保护接地距离 I 段校验

由于一个电力元件的一套保护中有多种继电保护功能，一项保护功能的详细试验方法均需结合具体保护的实现逻辑及设备生产图纸进行，因为不同设备生产商在各项功能实现上会有一些的不同，相同的保护功能在外部表现形式上也可能有区别（如动作后保护报文及点亮的信号灯方面），这里提前详细对微机线路保护中接地距离 I 段校验方法进行演示，在后面的项目中为达到本书的通用性不再将具体设备生产商图纸与试验结合介绍。

三、相关知识

（一）电磁型继电器的检验目的

从 20 世纪 50 年代开始，电磁型继电器作为我国甚至世界电力工业继电保护与控制的主要组成单元，在相当长的时期内为我国电力元件的安全可靠运行提供了可靠的保护实现手段，由各种电磁型继电器组成的集中控制与保护设备保障了电网的安全运行，甚至到现在，我国 90 年代投产的一些高能耗企业自建与自用变电站中还在使用这样的电磁型继电器组成的组合式保护与控制设备。此外，电磁型继电器作为早期组合式继电保护与控制的单元，它的元件设计思想在今天的微机保护与数字式保护中仍然存在，其动作原理在今天的保护中启动及动作逻辑中仍有体现。因此，非常有必要介绍电磁型继电器的检验方法。

经过对电磁型继电器的检验，学员掌握继电器的动作原理，在体会电磁关系的同时，掌握电磁型继电器的校验方法，从而为微机保护、数字式保护的试验与检验打下坚实的基础。

（二）接地距离 I 段保护的试验目的

通过这项单一功能的试验，掌握这项保护功能试验与检验方法的同时，为学习以后各项目中各种其他功能的检验与试验方法打下基础，能举一反三，会结合不同项目、不同功能介绍、设备生产说明书及实际设备图纸进行实践操作，正确地验证

保护逻辑功能的正确性。

（三）10kV 及以上保护继电器的检验原则

按照中国南方电网有限责任公司 2012 年颁发的《南方电网继电保护检验规程》规定，继电器的检验种类、内容及周期如下：

一）检验种类

检验分为 4 种：新安装继电器的验收检验、运行中继电器的定期检验（简称定期检验）、运行中继电器的补充检验（简称补充检验）和运行中继电器的状态检验（简称状态检验）。

1. 新安装继电器的验收检验

新安装继电器的验收检验，在下列情况时进行：

- （1）当新安装的一次设备投运时。
- （2）当在现有的一次设备上投入新安装的继电器时。

2. 运行中继电器的定期检验

定期检验分为下列两种：

- （1）全部检验（以下简称全检）。
- （2）部分检验（以下简称部检）。

3. 运行中继电器的补充检验

补充检验分为下列 5 种：

- （1）对运行中的继电器进行较大的更改（如更换交流插件、更换 CPU 插件、更换出口插件、软件版本升级等）或增设新的或改动二次回路后的检验。
- （2）检修或更换一次设备后的检验。
- （3）运行中发现异常情况后的检验。
- （4）事故后检验。
- （5）已投入运行的继电器停电 1 年及以上，再次投运时的检验。

4. 运行中继电器的状态检验

状态检验是根据设备状态的分析诊断结果，制订合理策略及计划，使检验及检验成本合理化的一种设备维护策略。状态检验的适用范围包括：

- （1）继电保护信息系统。
- （2）故障录波继电器。

二) 检验内容和周期

1. 定期检验内容和周期

定期检验应根据行业标准所规定的周期、项目及各级主管部门批准执行的标准化作业表单的内容进行。

定期检验周期计划的制订应综合考虑所辖设备的电压等级及工况，按行业规定要求的期限、项目进行。10kV 及以上电压等级保护继电器的全检周期可参考表 1-1。但 10kV 间隔（或线路）保护的检验可根据不同地区结合停电情况适当放宽检验时间，甚至实行免检，进行状态检修。

表 1-1 全 检 期 限

编号	继电保护继电器及其相关回路、设备	全检期限	定义范围说明
1	非微型型保护继电器	3 年	

2. 部检内容和周期

制订部检周期计划时，设备运行维护单位可视继电器的电压等级、运行工况、运行环境与条件，适当增减其检验期限或检验项目。10kV 及以上电压等级保护继电器的部检周期可参考表 1-2。

表 1-2 部 检 期 限

编号	保护继电器及其相关回路、设备	部检期限	定义范围说明
1	非微型型保护继电器	1 年	

(1) 新安装保护继电器投运后 1 年内的第一次全检原则：

1) 若其二次回路为同期建设或同期改造，原则上在继电器投运后 1 年内应进行第一次全检。

2) 若仅更换继电器而保留二次回路的技术改造工程，如原屏内继电器整体更换，投产前应进行一次全检，此后可按正常检验周期安排检验，可不进行投运后第一年的全检。

(2) 继电器每次全检后，如发现继电器运行工况较差或已暴露出了需予以监督的缺陷，其部检周期可考虑适当缩短，并有目的、有重点地选择检验项目。

(3) 110kV 及以下电压等级的继电保护继电器除以下情况外，可考虑取消部检，

6年一次全检，全检周期内有停电机会时，应对仅安排全检的继电保护继电器进行端子紧固工作：

1) 非微机型保护继电器。非微机型保护继电器定期检验期限根据继电器的运行工况及使用年限确定，一般为1~3年进行一次全检。

2) 经综合评估，保护不正确动作导致事故（事件）扩大，并可能构成电力一级事件的110kV系统继电保护继电器、导致负荷或用户损失数达到电力安全一般事故规定数值的60%及以上的110kV系统保护继电器。

(4) 补充检验的内容。

因检修或更换一次设备（断路器、电流和电压互感器等）所进行的检验，由运行维护单位根据一次设备检修（更换）的性质确定其检验项目。

运行中的继电器经过较大的更改或继电器的二次回路变动后，由运行维护单位进行检验，并按其工作性质确定其检验项目。

凡继电器发生异常或继电器不正确动作且原因不明时，由运行维护单位根据事故情况，有目的地拟定具体检验项目及检验顺序，尽快进行事故后检验。检验工作结束后，及时出具报告，按设备调度管辖范围上报相应调度部门。

(5) 检验管理（补充内容）。

为实行综合停电、便于方式安排、减小系统风险，各级管理及运行维护部门应根据当地电网具体情况并结合一次设备的检修合理地安排年、季、月的检验计划。制定继电器检验计划时，应注意以下几点：

1) 线路两侧保护继电器定期检验应协调一致，避免因两侧定期检验不同步导致的重复停电。

2) 同一设备（如线路、变压器等）的不同保护，因单继电器技术改造等原因导致定期检验不同步时，应通过一次扩大性的全检进行同步。

超过表1-1、表1-2规定的时限3个月以上未进行定期检验的为超期未检设备。超期未检设备应按调度管辖范围报相应调度部门备案。

新安装继电器的验收检验中发现的继电器缺陷、定期检验和补充检验中发现的继电器缺陷和回路缺陷等均应按相应的缺陷管理制度记录和及时报送。

新安装继电器验收检验时，应对其具备的所有功能（依据厂家提供资料）及其开入、开出量进行校验；对于实际使用情况与保护继电器说明书不同的及不能使用的保护功能，应在验收检验报告中详细注明，写进现场运行规程，并按调度管辖范围报相应调度部门备案。

（四）继电器检验

一）继电器试验

不管继电保护形式如何变化，其基本原理及设计思想均来自早期的电磁型组合式继电保护工作原理与设计思路。这里主要介绍两种继电器：交流电流继电器及220V 直流中间继电器的特性试验，对其他不同类型的继电器，学员们在学有余力的情况下可适当自我琢磨与试验。

1. 交流电流继电器

DL-300 系列型继电器外观见图 1-1，DL-33 型电流继电器后座端子见图 1-2。



图 1-1 DL-300 系列型继电器外观

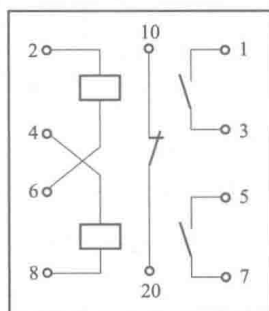


图 1-2 DL-33 型电流继电器后座端子

图 1-2 中 2-6、4-8 是两组电流线圈的接线端子，与电流互感器二次输出桩头之间通过电缆芯连接起来；1-3、5-7 及 10-20 是电流继电器的触点，继电器动作后闭合或断开，用于启动下一级逻辑回路或发信，或接于其他需要的地方。实际工业工程中根据方式需要进行定值整定，变电站或设备运行现场根据整定值进行继电器线圈的串联或并联，当电流整定较大时进行并联，如果能满足定值要求也可进行串联。

这里采用串联的方式进行试验。电流继电器串联试验接线与实际接线分别见图 1-3 与图 1-4。将电流线圈的 4-6 端子直接短接，电流互感器的二次某一相（假定是 A 相）与继电器的 2-8 端子连接，2 为极性端，8 为非极性端（电流互感器正抽时）。这样，在试验时模拟运行接线，将连接电流互感器二次电缆的外部接线断开（断路器停用的情况下），将试验台 K1066+（深圳凯弦试验台）的 A 相与 DL-33 型电流继电器的 2 号端子连接，将试验台 K1066+ 的 N 端与 DL-33 的 8 号端子连接。确认接入牢固可靠后，可进行通电试验，即加入一个适当大的电流 5s（短时通电试验），检查继电器是否正常。如果继电器能动作，将继电器的触点接入试验台的开入量接口送给试验台测试触点动作时间。这里以 10A 电流定值整定，进行继电器的多

组动作时间测试，测试数据见表 1-3。

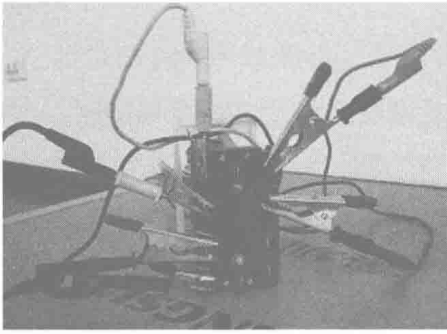


图 1-3 电流继电器串联试验接线

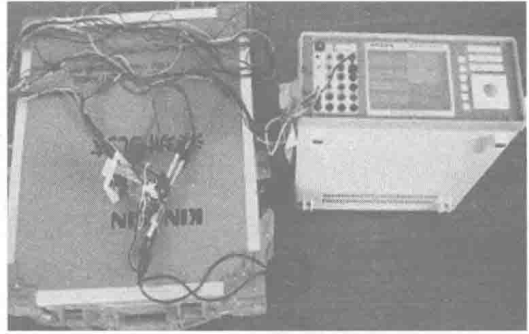


图 1-4 电流继电器串联实际接线

表 1-3 DL-33 型电流继电器线圈串联动作特性试验数据

加入电流 (A)	返回电流 (A)	继电器动作	1-3 闭合时间 (ms)	5-7 闭合时间 (ms)	10-20 断开时间 (ms)
9.95	无	不动作	∞	∞	∞
9.95	无	不动作	∞	∞	∞
10.1	8.77	动作	77	86	83
10.1	8.76	动作	75	79	79
11	8.78	动作	79	76	78
11	8.77	动作	75	71	77
15	8.79	动作	57	49	50
15	8.78	动作	57	53	52

由表 1-3 可知，按照返回系数计算公式，该电流继电器的返回系数约为 $8.77/10=0.877$ ，符合规程中规定的继电器特性要求，由于是电磁型继电器，因此其触点闭合时间相对于微机保护中的程序计算时间要分散得多，这是电磁型设备的固有问题，而且容易受到各种外部环境的电磁干扰。

同样可以采用并联的方式进行电流继电器的精度校验，见图 1-5 和图 1-6。即将电流线圈的 2-4 端子直接短接，将 6-8 端子直接短接，电流互感器的二次某一相（假定是 A 相）与 N 分别和继电器的 2-4 与 6-8 端子连接，2-4 为极性端，6-8 为非极性端（电流互感器正抽时）。这样，在试验时模拟运行接线，将连接电流互感器二次电缆的外部接线断开（断路器停用的情况下），将试验台 K1066+ 的 A 相与 DL-33 型的 2-4 端子连接，将试验台 K1066+ 的 N 端与 DL-33 型的 6-8 端子连接。确认接入牢固可靠后，可进行通电试验，即加入一个适当大的电流 5s（短时通电试

验), 检查继电器是否正常。如果继电器能动作, 将继电器的触点接入试验台的开入量接口送给试验台测试触点动作时间。这里以 5A 电流定值整定进行继电器的多组动作时间测试, 测试数据见表 1-4。

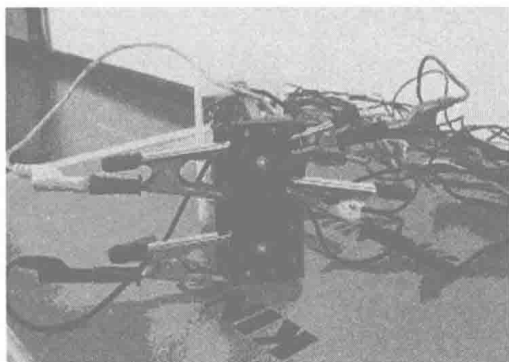


图 1-5 电流继电器并联试验接线

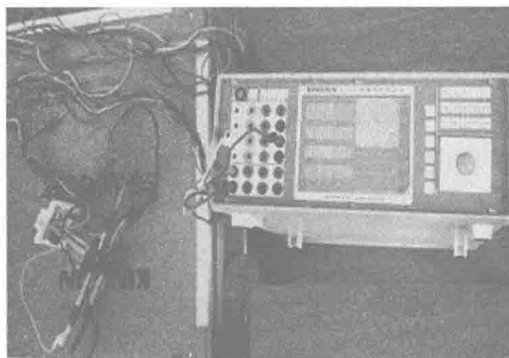


图 1-6 电流继电器并联实际接线

表 1-4 DL-33 型电流继电器线圈并联动作特性试验数据

加入电流 (A)	返回电流 (A)	继电器动作	1-3 闭合时间 (ms)	5-7 闭合时间 (ms)	10-20 断开时间 (ms)
9.97	无	不动作	∞	∞	∞
9.98	无	不动作	∞	∞	∞
9.97	8.76	动作	77	88	81
10.1	8.78	动作	75	80	77
11	8.77	动作	78	77	75
12	8.75	动作	76	74	74
14	8.78	动作	58	48	51
15	8.79	动作	59	55	54

同样, 由表 1-4 可知, 按照返回系数计算公式, 该电流继电器的返回系数约为 $8.77/10=0.877$ 。

需要说明的是, 各种交流继电器的试验方法均可参照电流继电器的试验思路来进行, 只要能做到举一反三, 定会掌握这种类似的试验方法, 甚至找到更好的试验方法。

2. 直流中间继电器

试验中的直流中间继电器外观见图 1-7。图 1-8 中①-②是 220V 直流电压线圈。测试继电器时, 使用昂立 A320 (或 A430 及其他各种型号试验设备均可), 选