

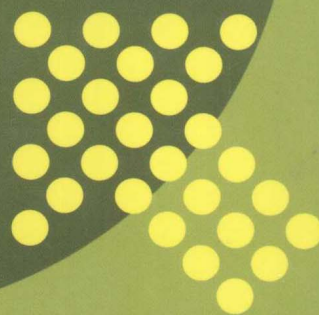
21世纪高等学校规划教材



DIANLI XITONG JIDIAN BAOHU SHIYAN ZHIDAOSHU

电力系统继电保护 实验指导书

李华 李秀琴 张举 等 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

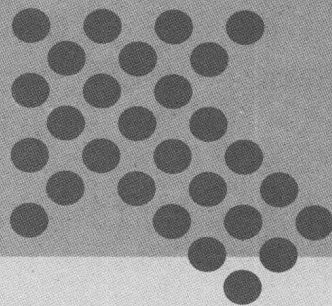
21世纪高等学校规划教材



DIANLI XITONG JIDIAN BAOHU SHIYAN ZHIDAO SHU

电力系统继电保护 实验指导书

李 华 李秀琴 张 举 李双涛 编
黄少锋 陈永亭 主审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书是为电力系统继电保护原理、电气主设备保护、微机继电保护、微机保护综合实验课程的教学实验编写的实验指导书。

全书内容分为六章，主要内容为继电保护原理课程实验、WJS-11 型微机线路保护仿真教学装置及实验、CSL-161B/CSC-161A 数字式线路保护装置实验、RCS-941B 输电线路成套快速保护装置实验、CSC-103B 数字式超高压线路保护装置实验。书后附录介绍了实验中常用仪器仪表、测试仪的使用方法及实验报告范例。

本书可作为高等学校电气工程及其自动化专业继电保护实验课程教学实验指导书，也可作为电力技术类相关专业高职高专学生的实验指导书，同时还可作为电力工程人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统继电保护实验指导书/李华等编. —北京：中国电力出版社，2011.2

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5123-1378-1

I. ①电… II. ①李… III. ①电力系统—继电保护—实验—高等学校—教材 IV. ①TM77-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 018412 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 4 月第一版 2011 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.75 印张 281 千字

定价 19.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

前 言

电力系统继电保护原理既是一门理论与实践并重的学科，又是一门新技术不断涌现的学科。在电力系统继电保护的教学中，实验教学是必不可少的环节，为此，我们编写了本教材。本书是为配合电力系统继电保护原理、微机继电保护基础、电力系统主设备保护等课程的实验教学而编写的。

根据教学计划和实验设备的条件，以及继电保护专业近年来的发展，本书既包括电磁型、整流型继电器、三段式电流保护等基础性实验内容，又包含了现在系统中应用广泛的微机继电保护装置的实验内容。各有关院校在使用本教材时，可根据教学计划、实验条件灵活安排实验内容，有些实验也可集中安排为综合性实验环节。

2008年，华北电力大学的电力系统继电保护原理课程被评为国家级精品课程，本书编者以该课程的实践环节为基础，总结多年的教学、实践经验编写了本书。本书共分为六章：第一章介绍了电力系统继电保护原理课程的教学实验，包括6个实验项目；第二、三章介绍了WJS-11型微机线路保护课程的仿真教学实验，适合为微机继电保护课程的初学者开设，作为学习微机保护的基础阶段；第四、五章介绍了现场应用广泛的CSL-161B型及RCS-941B型两种微机线路保护装置的主要实验内容，它们既可用于专业课程实验，也可用于继电保护与自动化综合实验；第六章介绍了CSC-103B数字式超高压线路保护装置实验，它主要用于微机保护的綜合实验。附录介绍了几种继电保护实验常用仪器仪表的基本原理和使用方法，并列出了两种继电保护实验报告范文，供读者参考。虽然晶体管保护（第一章中）和WJS-11型微机保护（第二、三章中）已经成为历史，但本书仍然安排相应章节和实验，并配有直观的波形，有助于深入理解继电保护原理和微机保护原理。

参加本书编写工作的是长期从事电力系统继电保护教学和实验的教师。本书第一章第六节，第二章第四、五节，第三章第四节，第四～第六章（不含第六章第二节）、附录G～J由李秀琴编写，第二章第一～三节，第六章第二节由张举编写，其余由李华、李双涛编写，并由李华统稿。

承蒙华北电力大学黄少锋教授、清华大学陈永亭副教授对本书进行了审阅，并提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

对于提供资料的单位及书末所附参考文献的作者致以衷心的感谢！

由于时间仓促，书中难免存有不妥之处，诚请各位读者批评指正。

编 者

2010年10月

于华北电力大学

设备、元件新旧文字符号对照表

序 号	元件名称	新文字符号	旧文字符号
1	电流继电器	KA	LJ
2	时间继电器	KT	SJ
3	信号继电器	KS	XJ
4	中间继电器	KM	ZJ
5	保护出口中间继电器	KOM	BCJ
6	切换继电器	KCW	QHJ
7	连接片	XB	LP
8	重合闸继电器	KRC	ZHJ
9	跳闸继电器	KT	DKJ
10	短路开关	S	DDL
11	选择开关	SA	XK
12	连接片（压板）	XB	
13	电压变换器	UU	YB
14	电抗变压器	UX	DKB
15	极化继电器	KP	JHJ

实验注意事项

实验教学是教学的重要环节之一，通过实验可以巩固和丰富已学到的理论知识，发现和探讨新的问题。为保证实验的正常进行、提高实验质量，实验应按以下几点要求进行。

(1) 实验前应对实验内容进行预习，弄清所需仪器设备规范、性能及使用方法。仪器设备不得随意进行调整、拆卸。

(2) 按实验接线图接线。接线要整齐清晰，线路接好后必须经指导教师检查后，方可接通电源进行实验。

(3) 按实验步骤进行实验，每一项实验完成后应将数据交指导教师检查后，然后再拆除接线，进行下一项实验。

(4) 实验过程中改变接线时必须断开电源，如遇异常事故或异味，应首先切断电源，以防损坏仪器设备。

(5) 实验全部做完后，应将全部数据交指导教师审阅后再拆除接线，并将仪器设备放回原处。

目 录

前言

设备、元件新旧文字符号对照表

实验注意事项

第一章 继电保护原理课程实验	1
第一节 电磁型电流继电器和时间继电器实验.....	1
第二节 单侧电源辐射线路电流保护实验.....	6
第三节 晶体管过流保护实验	11
第四节 功率方向继电器实验	15
第五节 整流型阻抗继电器实验	19
第六节 变压器保护实验	24
第二章 WJS-11 型微机线路保护仿真教学装置	30
第一节 保护装置概述	30
第二节 主要保护功能	33
第三节 保护装置定值区的位置及定值说明	35
第四节 开关量输入	42
第五节 报告格式及打印信息	43
第三章 WJS-11 型微机线路保护仿真教学装置实验	48
第一节 实验目的及实验内容	48
第二节 利用监控程序的键盘命令调试装置硬件实验	48
第三节 数据采集系统实验	56
第四节 定值的修改固化及定时操作	59
第五节 模拟短路实验	61
第四章 CSL-161B/CSC-161A 数字式线路保护装置实验	68
第一节 CSL-161B 保护装置概述	68
第二节 CSL-161B 保护装置主要保护功能	70
第三节 CSL-161B 保护装置定值说明	72
第四节 CSL-161B 保护装置调试实验	75
第五节 CSL-161B 保护装置典型动作报告、保护动作及告警信息	90
第六节 CSC-161A 保护装置概述	93
第五章 RCS-941B 输电线路成套快速保护装置实验	99
第一节 保护装置概述	99
第二节 主要保护功能.....	100
第三节 保护定值说明.....	104

第四节 装置调试实验·····	108
第六章 CSC-103B 数字式超高压线路保护装置实验 ·····	120
第一节 保护装置概述·····	120
第二节 主要保护功能·····	123
第三节 保护定值说明·····	124
第四节 装置调试实验·····	127
附录 A 移相器·····	141
附录 B D2- φ 型电动式相位表 ·····	143
附录 C ML12B 型手持式双钳数字相位伏安表 ·····	144
附录 D 401 型电秒表工作原理及使用说明 ·····	145
附录 E 702-2 型数字毫秒计的使用方法 ·····	146
附录 F SR-071CYB4242 型示波器 ·····	148
附录 G 继电保护测试仪简介·····	153
附录 H 继电保护原理实验报告范例 ·····	169
附录 I 微机保护实验报告范例 ·····	172
参考文献 ·····	177

第一章 继电保护原理课程实验

第一节 电磁型电流继电器和时间继电器实验

一、实验目的

- (1) 熟悉电磁型电流继电器和时间继电器的基本原理。
- (2) 了解电磁型电流继电器和时间继电器的构造、特性及基本参数。
- (3) 掌握电磁型继电器的接线及基本调试方法。

二、电磁型电流继电器实验

(一) 电磁型电流继电器工作原理

电磁型继电器按其结构可分为螺管绕组式、吸引衔铁式和转动舌片式三种,如图1-1所示。电磁型电流和电压继电器较多地采用转动舌片式结构,时间继电器采用螺管绕组式结构,中间继电器和信号继电器采用吸引衔铁式结构。以上三种继电器都是由继电器线圈1、电磁铁2、可动衔铁(或舌片)3、触点4、反作用弹簧5和止挡6所组成。

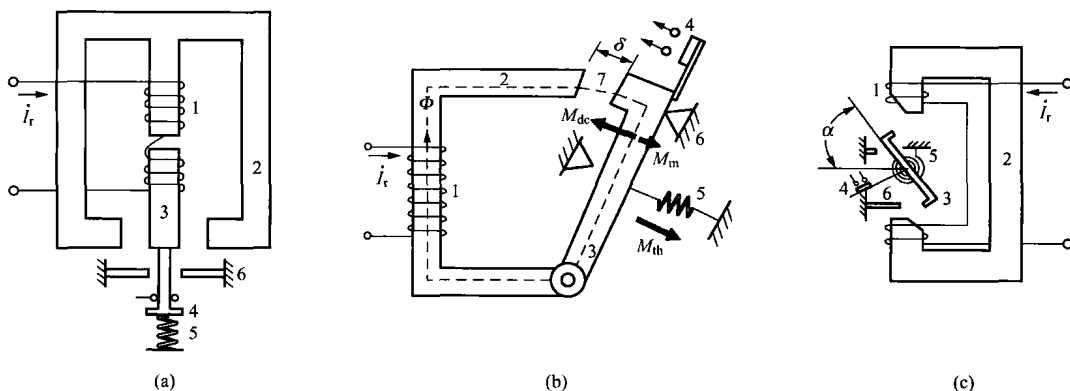


图 1-1 电磁型继电器原理结构图

(a) 螺管绕组式; (b) 吸引衔铁式; (c) 转动舌片式

1—继电器线圈; 2—电磁铁; 3—可动衔铁; 4—触点; 5—反作用弹簧; 6—止挡; 7—空气隙

1. 工作原理

电流继电器在电流保护中用作测量和启动元件,它是反应电流超过某一定值而动作的继电器,它的工作原理可用图1-1(b)详细说明。当继电器线圈1通入电流 $\dot{I}_r$ 时,产生磁通 Φ ,磁通 Φ 经过铁心、空气隙和可动衔铁构成闭合回路。衔铁在磁场中被磁化后,即与铁心的磁极产生电磁吸力,企图吸引衔铁向左转动。当电磁吸力足够大时,即可吸动衔铁,并使继电器动触点和静触点闭合,称为继电器动作。由于止挡的作用,衔铁只能在预定范围内运动。

根据电磁学原理可知,电磁吸力与 Φ^2 成正比。如果假定磁路的磁阻全部集中在空气隙中,设 δ 表示气隙的长度,则磁通就与 $\dot{I}_r$ 成正比,而与 δ 成反比。因此,由电磁吸力作用到衔铁上的电磁转矩 M_{dc} 即可表示为

$$M_{dc} = K_1 \Phi^2 = K_2 I_r^2 / \delta^2 \quad (1-1)$$

式中: K_1 、 K_2 为比例常数。

正常情况下, 当线圈中流入负荷电流时为保证继电器不动作, 可动衔铁受反作用弹簧 5 反作用力的控制而保持在原始位置, 此时反作用弹簧产生的力矩 M_{th1} 称为初拉力矩, 对应此时的空气隙长度为 δ_1 。由于反作用弹簧的张力与其伸长成正比, 因此当衔铁向左移动而使 δ 减小时, 如由 δ_1 减小到 δ , 则由反作用弹簧所产生的反抗力矩即可表示为

$$M_{th} = M_{th1} + K_3 (\delta_1 - \delta) \quad (1-2)$$

式中: K_3 为比例常数。

此外, 在衔铁转动的过程中, 还必须克服由摩擦力所产生的摩擦转矩 M_m , 其值可认为是一个常数, 不随 δ 的改变而变化。因此, 阻碍继电器动作的全部机械反抗转矩就是 $M_{th} + M_m$ 。

在做的实验项目中需要用到以下概念, 现解释如下。

动作电流: 为使继电器动作并闭合其触点, 就必须增大电流 I_r 以增大电磁转矩 M_{dc} 。继电器能够动作的条件是

$$M_{dc} \geq M_{th} + M_m \quad (1-3)$$

满足以上条件并能使继电器动作的最小电流值, 称为继电器的动作电流 (或启动电流) I_{op} 。

返回电流: 在继电器动作之后, 为使它重新返回原位, 就必须减小电流以减小电磁转矩, 然后由弹簧的反作用力把衔铁拉回来。在这个过程中, 摩擦力又起着阻碍返回的作用。因此继电器能够返回的条件是

$$M_{dc} \leq M_{th} - M_m \quad (1-4)$$

对应这一电磁转矩, 能使继电器返回原位的最大电流值称为继电器的返回电流 I_{re} 。

返回系数: 返回电流与动作电流的比值称为继电器的返回系数, 可表示为

$$K_{re} = \frac{I_{re}}{I_{pu}} \quad (1-5)$$

电磁型电流继电器的返回系数恒小于 1。在实际应用中, 常要求电流继电器有较高的返回系数, 如 0.85~0.9。

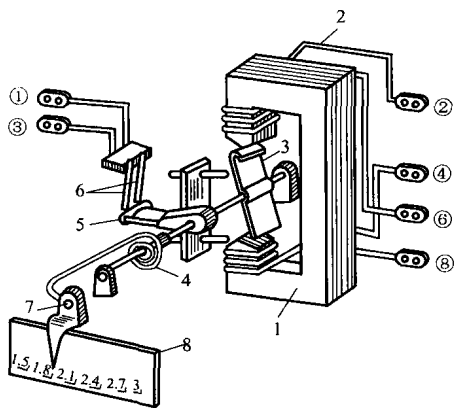


图 1-2 DL-10 系列电磁型电流继电器结构图

1—电磁铁; 2—线圈; 3—Z 形衔铁; 4—弹簧;
5—动触点; 6—静触点; 7—整定值调整把手;
8—刻度盘; ①~⑧—端子号

2. DL-10 系列电流继电器结构及内部接线

在电流保护中常用 DL-10 系列电流继电器, 它是一种转动舌片式的电磁型继电器, 其结构如图 1-2 所示。

DL-10 系列电流继电器内部接线如图 1-3 所示。用连接片改变继电器两个线圈的连接方法构成串联或并联。当线圈串联时, 为端子④⑥相连, 如图 1-3 (a) 所示, 其动作值的范围为刻度盘上所示的值; 当线圈并联时, 为端子②④相连、⑥⑧相连, 如图 1-3 (b) 所示, 其动作值为刻度盘上的两倍。

(二) 动作电流、返回电流实验

实验接线如图 1-4 所示, 图中所用仪器有电

源开关 SA、单相调压器 AV、滑线电阻 R (10A/10Ω)、交流电流表 PA (2.5~5A)、DL-10 系列电流继电器 KA、指示灯 HL。其中, 指示灯用来反映继电器触点的断、合状态。

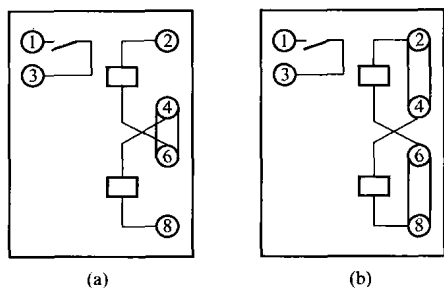


图 1-3 DL-10 系列继电器内部接线
(a) 两线圈串联接法; (b) 两线圈并联接法

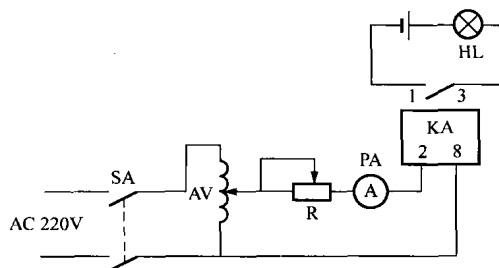


图 1-4 电磁型电流继电器实验接线

(1) 利用改变继电器的线圈串联或并联, 进行动作值范围的选择。当线圈串联时, 接线如图 1-3 (a) 所示, 其动作值的范围即为刻度盘上所示的值; 当线圈并联时, 接线如图 1-3 (b) 所示, 其动作值为刻度盘上的两倍。

(2) 通过改变刻度盘上的指针位置改变弹簧的拉力, 从而可进行启动电流的均匀整定。

(3) 要求测出继电器线圈在串联及并联情况下, 整定把手放在不同位置时 (即刻度最小、刻度中间、刻度最大三个位置) 继电器的动作电流及返回电流值。

注意事项: 在电源开关 SA 合闸前, 要确认单相调压器 AV 调整在 0V 位置; 滑线电阻 R 调整在最大值的位置。

1. 动作电流测试

测动作电流时, 合上开关 SA, 先调节单相调压器 AV (粗调), 再调节滑线电阻 R (细调), 使通入继电器的电流均匀增大到使电流继电器动合触点闭合, 指示灯刚好亮为止, 即使继电器刚好能动作的最小电流即为动作电流 I_{op} , 记入表 1-1 中。

2. 返回电流测试

待继电器动作后, 再调单相调压器 AV 或滑线电阻 R, 降低电流, 使通入的电流平滑下降, 直至使指示灯刚好熄灭为止, 即为继电器的返回电流 I_{re} , 记入表 1-1 中。

3. 计算返回系数

利用测出的 I_{op} 、 I_{re} 计算出返回系数 K_{re} , 将计算结果填入表 1-1 中。

要求: K_{re} 不应小于 0.85, 也不应大于 0.9。

表 1-1 动作电流返回电流实验表

测试项目	连接方式	两线圈串联			两线圈并联		
	整定位置	整定把手位置					
		刻度最小	刻度中间	刻度最大	刻度最小	刻度中间	刻度最大
I_{op}							
I_{re}							
K_{re}							

(三) 继电器的调整方法

1. 动作值不符合刻度盘时的调整方法

(1) 将继电器整定把手放在刻度最大, 当测出的动作电流值小于盘上数值时, 可将衔铁的起始位置远离电磁铁的磁极; 大于盘上数值时, 则应调整左限止杆 (限制舌片行程的限制螺杆), 将其移近磁极。

(2) 然后将把手放在最小值, 测动作电流。由于第一步已将最大值调整到与刻度盘相符, 满足了要求。若最小值还不符合要求, 则可用改变弹簧拉力进行调整, 顺时针移动弹簧使电流减小, 反之增大。

(3) 以上两步满足要求后, 再检查中间位置也应满足要求。

2. 返回系数不符合规定值时的调整方法

返回系数是继电器的重要指标, 对于电流继电器其返回系数总是小于 1, 这样就要求在满足可靠性的基础上返回系数大些, 可使保护装置具有较高的灵敏度。

(1) 返回系数小于 0.85 大于 0.9 时, 调整静触点片弹力, 改变动触点位置。

(2) 返回系数小于 0.85 时应将衔铁取下, 弯曲衔铁端部, 调整衔铁在磁极间的位置。衔铁终止位置时的端部与磁极间的间隙愈大, 返回系数愈大, 反之愈小 (调整衔铁终止位置的限止螺杆安装在电磁铁的右上方)。衔铁起始位置离开磁极距离愈大, 返回系数愈小。因衔铁与磁通轴之间夹角增加时, 继电器动作电流大为增加, 而返回电流并不发生变化, 因此返回系数减小。反之, 如将衔铁起始位置移近磁极下面, 则返回系数增大 (调整衔铁起始位置的限止螺杆安装在电磁架左上部)。

3. 消除触点振动方法

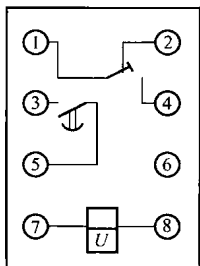
对于接近动作电流时发生振动的主要原因有静触点弹片过于硬厚、弹性不匀, 静触点弹片弯曲不正确, 触点桥摆动角度过大, 触点相遇角度不合适 (一般为 $55^{\circ} \sim 65^{\circ}$) 等。可具体分析原因, 逐一进行调整纠正。

三、电磁型时间继电器实验

(一) 电磁型时间继电器简介

时间继电器作为继电保护和自动装置的时间元件, 用来建立必需的动作时限。对它的要求是动作时间准确, 且动作时间不应随操作电压的波动而变化。

电磁型时间继电器由一个电磁启动机构带动一个钟表延时机构组成, 因电磁原理而动作, 一般由直流电源供电, 但也有部分为交流电源供电。它一般有一对瞬动转换触点和一对



延时主触点 (终止触点)。根据不同要求, 有的还有一对滑动延时触点。图 1-5 是目前常用的 DS-110 系列时间继电器的内部接线图。

(二) 实验方法与步骤

实验接线图如图 1-6 所示, 图中所用仪器有时间继电器 (DS-111 或 DS-113)、滑线电阻 R (120Ω)、401 型电秒表 (或数字式毫秒表)、交流电源开关 SA2、直流电源开关 SA1 (110V)、电压表 PV (直流 $0 \sim 250V$) 或万用表。图中, SA3 的一对开关触点连接 401 型电秒表的 I、III 端子, 用于启动秒表, 开始计时; 时间继电器动合触点连接 401 型电秒表的 I、II 端子, 用于停止秒表的计时。

图 1-5 DS-110 系列继电器的内部接线

1. 动作电压及返回电压实验

(1) 动作电压测试。

滑线电阻放在最小位置，合上直流电源开关 SA1、SA3，调整滑线电阻 R，给继电器加上冲击电压（一般在 55~60V 左右），重复拉合 SA3，能使衔铁完全被吸入的最低电压即为继电器的动作电压，此时读出表中电压，记录于表 1-2 中。

(2) 返回电压测试。

调整滑线电阻 R 减小电压，能使继电器的衔铁返回到原来位置的最高电压即为返回电压，将测量结果记录于表 1-2 中。

要求：动作电压应不大于 70% 的额定电压 ($U_{op} < 70\% U_N$)，返回电压应大于 5% 的额定电压 ($U_{re} > 0.05 U_N$)。

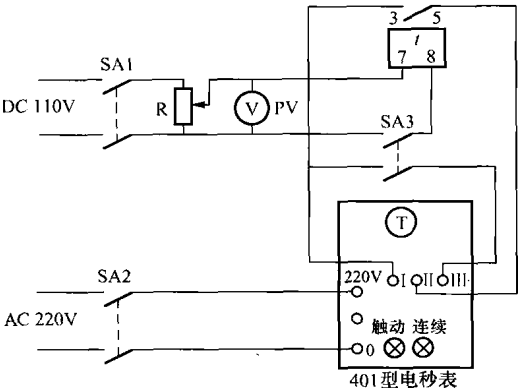


图 1-6 时间继电器实验接线

表 1-2 动作电压返回电压实验表

动作电压 U_{op} (V)	
返回电压 U_{re} (V)	

若动作电压过高，则应检查返回弹簧弹力是否过强，衔铁在黄铜管内或衔铁弯板在固定坐槽内摩擦是否过大。

若返回电压过低，则应检查摩擦是否过大，返回弹簧弹力是否过弱。

2. 动作时间实验

继电器动作时间实验是通过接入电路中的一个电秒表——401 型电秒表来实现的（该表工作原理见附录 D）。

将时间整定把手整定在所要测试的刻度上，可自行确定两个时间 t_1 、 t_2 （时间的整定是改变延时静触点位置，使其与时间刻度盘上的时间刻度数对准）。

实验步骤：

(1) 合上直流电源开关 SA1、SA3，用滑线电阻将电压升到继电器的额定电压 110V，断开开关 SA3。

(2) 合上交流电源开关 SA2，启动 401 型电秒表，将电秒表的选择开关“K”定于“连续性”位置。手按 401 型电秒表回零按钮，使指针回到“0”，此时电秒表即可投入工作。

(3) 合上开关 SA3，同时启动继电器和接通电秒表端子 I-III，电秒表开始计时，直到时间继电器延时触点闭合，电秒表 I-II 接通，电秒表终止计时。电秒表上读数即为所测动作时间。在整定位置，连续测量动作时间 3 次，将测量结果记于表 1-3 中。

要求：每次测量值与整定值误差范围应为：

- DS-111 型 $\pm 0.05s$;
- DS-112 型 $\pm 0.10s$;
- DS-113 型 $\pm 0.15s$ 。

将时间定值 t_1 、 t_2 的测量结果记于表 1-3 中，并分析是否满足要求。

表 1-3 动作时间实验表

测试项目	整定值	$t_1 =$ s			$t_2 =$ s		
	次数	一次	二次	三次	一次	二次	三次
测量值 (s)							
误差							

(三) 测量时间与刻度定值不符的调整方法

(1) 当刻度起始位置与定值不符，首先调整刻度盘的位置以满足要求，如动作时间长可将刻度盘往顺时针方向移动一角度。

(2) 在最大刻度处与定值不符，则应调整钟表机构。将延时静触点及刻度盘取下，把外壳作为延时动触点，扇形齿终点限止档对外壳绝缘，可作为静触点，然后接入电秒表进行检验。

四、思考题

(1) 电流继电器的返回系数 K_{re} 为什么要求在 0.85~0.9 之间，太大或太小会出现什么问题？

(2) 电流继电器的两组线圈由串联改为并联时，其整定值有何变化？为什么？

(3) 时间继电器的动作电压为何不应大于 70% 的额定电压？

五、实验报告要求

(1) 列出简单实验原理及画出实验接线。

(2) 按照实验项目附录 H 写出实验报告，对实验结果进行分析讨论。

(3) 认真分析思考题，并写出答案。

第二节 单侧电源辐射线路电流保护实验

一、实验目的

(1) 熟悉电力系统中三段式电流保护的构成。

(2) 在单侧电源辐射线路中，熟悉阶段式电流保护相互配合的工作情况。

(3) 根据单侧电源辐射线路的参数，掌握阶段式电流保护整定方法。

二、实验原理与接线

1. 实验原理

电流保护是根据网络发生短路时，电源与故障点之间电流增大的特点构成的。

电流速断保护是以躲过本线路末端最大短路电流为整定原则的保护，它靠动作电流保证选择性。限时电流速断保护是动作电流、动作时间和相邻线路电流速断保护配合以保证选择性的保护，用来切除本线路上速断范围以外的故障，同时也作为速断的后备保护。过电流保护以躲线路最大负荷电流和外部短路切除后电流继电器可靠返回为整定原则，它依靠动作电流及时间元件的配合获得选择性。在一般情况下，它不仅能够保护本线路的全长，而且也能保护相邻线路的全长，起到后备保护的作用。

2. 实验原理接线

如图 1-7 所示为一单侧电源辐射网。

线路 A-B 装有两相式的三段电流保护：

- (1) I 段为电流速断保护；
- (2) II 段为限时电流速断保护；
- (3) III 段为过电流保护。

线路 B-C 装有两段电流保护：

- (1) I 段为电流速断保护；
- (2) III 段为过电流保护。

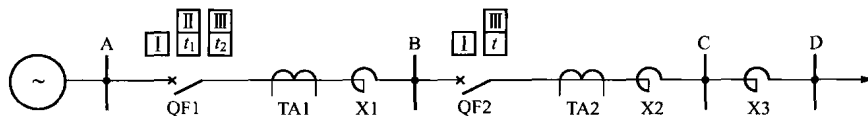


图 1-7 单侧电源辐射网图

实际实验所用的电流保护原理图如图 1-8 所示，两条线路（AB、BC）保护均装在一面屏上，采用不完全星形接线方式。一次系统是利用实验室的静态模拟系统（线路开关采用交流接触器，跳合闸均利用其线圈，保护跳闸均通过中间继电器 KOM），X1、X2 为模拟输电

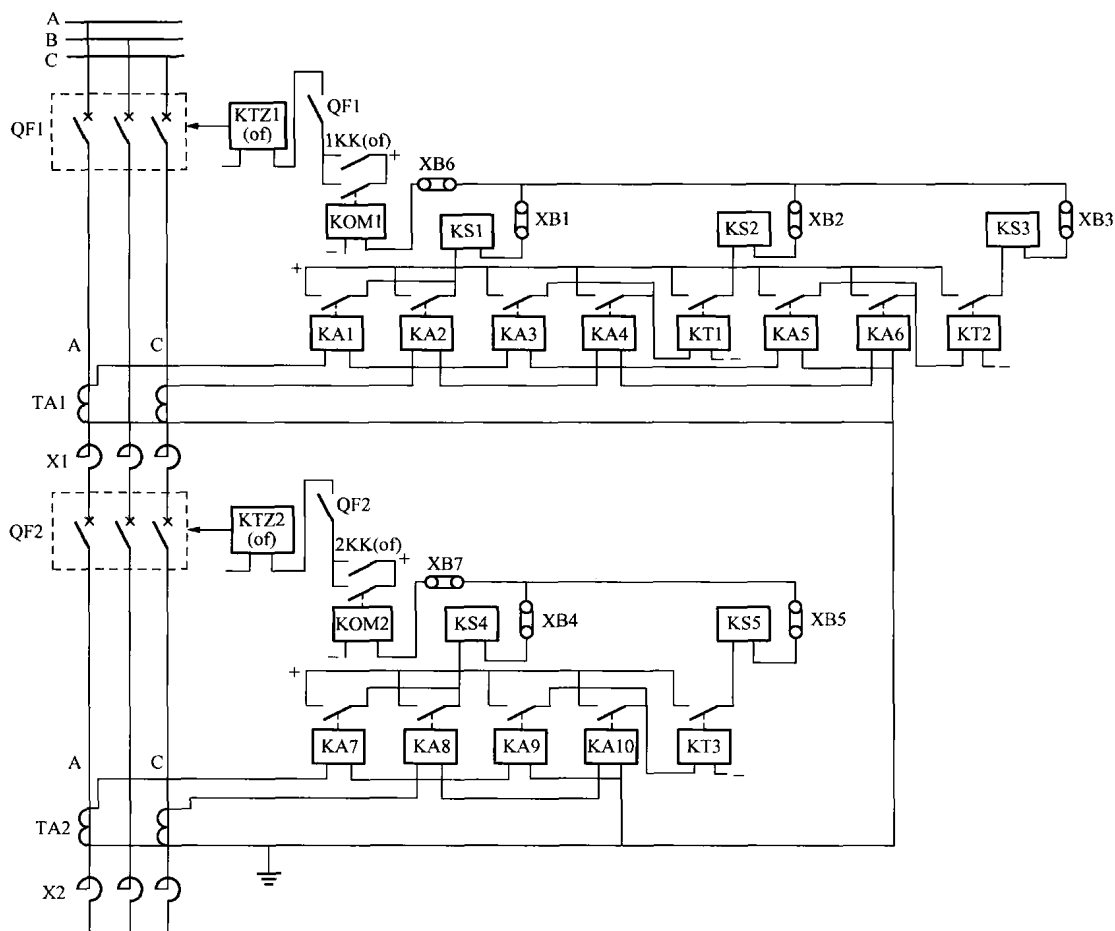


图 1-8 电流保护原理图

线路投入运行，处于合位。

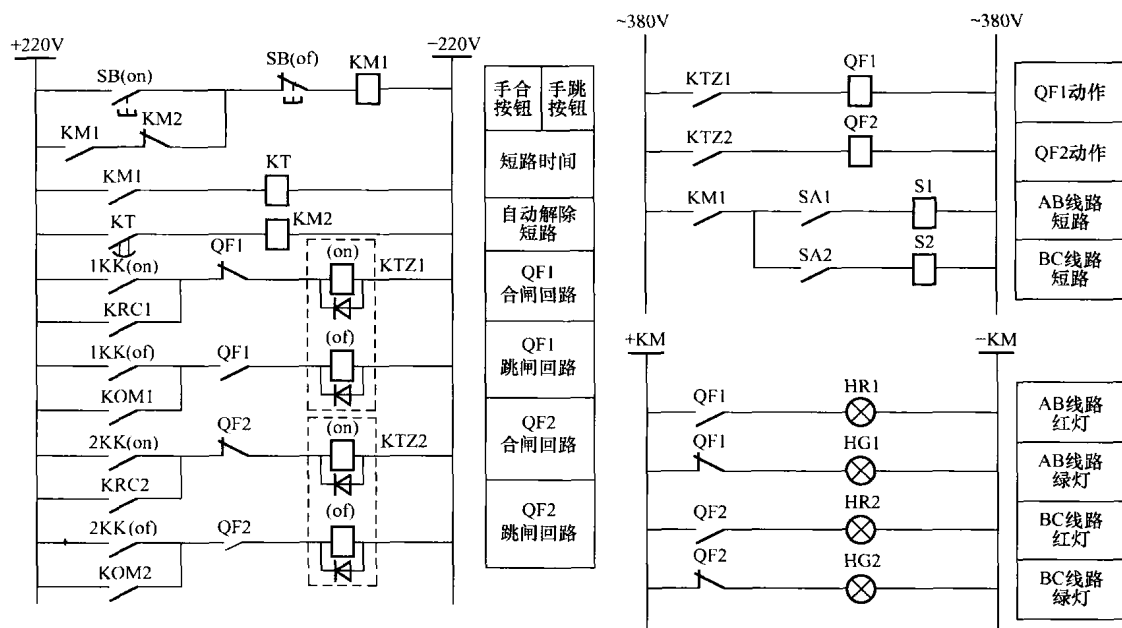


图 1-10 控制回路接线图

(四) 短路实验

1. k4 点三相相间短路

合 k4 点三个单相小开关，选择开关 SA2 打到“通”位，模拟 k4 点三相相间短路，按下 SB (on) 按钮模拟短路发生，观察各继电器动作过程，结果记录于表 1-5 中。

2. k4 点两相相间短路

只作 AB 相及 BC 相短路（分别合相应的两相小开关），步骤同三相短路，注意观察各继电器动作过程，结果记录于表 1-5 中。

3. k3 点三相相间短路

断开 k4 点三相开关，合上 k3 点三个单相小开关，步骤同 k4 点三相短路，观察继电器动作过程，结果记录于表 1-5 中。

4. k3 点两相相间短路

操作步骤同 k4 点两相短路。

5. k2 点三相相间短路

合上 k2 点三个单相小开关，选择开关 SA1 打到“通”位，按下 SB (on) 按钮，短路开关 S1 动作，观察继电器动作过程，结果记录于表 1-5 中。

6. k2 点两相相间短路

选择开关 SA1 打到“通”位，操作步骤同 k4 点三相短路。

7. k1 点三相相间短路

操作步骤与 k2 点相同。

8. k1 点两相相间短路

操作步骤与 k2 点相同。