

陶 然 熊为群 编

继电保护 自动装置 及 二次回路

中国电力出版社

中
国



继电保护 自动装置及 二次回路

陶 然 熊为群编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书共分电力系统继电保护、电力系统自动装置及二次回路三部分。继电保护部分系统地讲述输电线路、发电机、变压器、母线及电动机常用的、基本的继电保护装置的工作原理与接线，并对半导体继电保护装置的基本工作原理作了概括介绍；自动装置部分介绍自动重合闸、备用电源自动投入、自动调节励磁及自动按频率减负荷等电力系统主要自动装置的工作原理及组成；二次回路部分概括介绍断路器的操作与信号回路、中央信号系统及同期回路。本书的选材以现场大量使用的装置为主，适当介绍一些新型装置。

本书着重讲述继电保护、自动装置及二次回路各基本环节的工作原理。内容深入浅出，文字通俗易懂。

本书可作为电力系统电气运行及继电保护工作人员培训及自学用书，也可作中等专业学校及技工学校有关专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护自动装置及二次回路 / 陶然, 熊为群编. 北京: 中国电力出版社, 1982.7 (1998重印)

ISBN 7-80125-403-1

I. 继… I. ①陶… ②熊… II. ①继电自动装置②二次系统 IV. TM774

中国版本图书馆CIP数据核字 (97) 第14082号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京地矿印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1982年7月第一版 1998年9月北京第九次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16.25印张 363千字 3插页

印数 87391—90420册 定价 18.10元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书的编写是以1972年东北电管局组织东北地区中等专业学校合编、经有关学校使用多年的试用教材为基础，在征得多方面的意见后作了进一步的修改。这次修改除保留原试用教材深入浅出，通俗易懂的特点外，为适应电力技术的发展，适当地加强了距离保护、晶体管保护及自动调节励磁装置等部分。因此，本书内容较为全面，可供电力系统电气运行及继电保护工作人员使用，也可作为中等专业学校及技工学校教学参考书。

全书共分十四章。熊为群编写第一、三、四、十一、十二、十四章及第二章的第四节，陶然编写第五、六、七、八、九、十、十三章及第二章的第一、二、三、五、六节，并由陶然主编全书。

1972年编写试用教材时，曾得到华北电力学院张文勤同志的帮助，有关局厂及鲁景程、石增帮、栾谨义、王乐家等同志协助搜集资料，在此一并表示谢意。

限于编者水平，书中难免存在缺点和错误，望读者批评指正。

编 者

1981年11月

目 录

前 言	
第一章 继电保护的基本知识	1
第一节 继电保护与自动装置的任务	1
第二节 对继电保护与自动装置的基本要求	1
一、选择性(1) 二、迅速性(2) 三、灵敏性(2) 四、可靠性(2)	
第三节 几种常用的电磁式继电器及其表示符号	3
一、电磁式继电器的工作原理(3) 二、电磁式电流、电压、时间、中间、信号继电器(4)	
第二章 输电线路的继电保护	11
第一节 反应相间短路的电流电压保护	11
一、定时限过电流保护(11) 二、电流速断保护(18) 三、三段式电流保护装置(21) 四、反时限过流保护(26) 五、电流闭锁电压速断保护(30)	
第二节 方向过电流保护	33
一、方向问题的提出(33) 二、功率方向继电器(35) 三、90°接线方式和方向过流保护接线图(38) 四、功率方向继电器接线正确性的检查(41)	
第三节 输电线路的接地保护	43
一、中性点直接接地系统的接地保护(43) 二、中性点非直接接地系统的接地保护(49)	
第四节 距离保护	52
一、距离保护的作用和工作原理(52) 二、三段式距离保护原理接线图(53) 三、距离保护的测量元件(55) 四、阻抗继电器的精确工作电流(66) 五、阻抗继电器的接线方式(67) 六、距离保护的整定计算(70) 七、距离保护的振荡闭锁装置(73) 八、距离保护的断线闭锁装置(76) 九、PJH-11F型距离保护装置(77)	
第五节 双回线路的横差动保护	83
一、双回线路的方向横差动保护(84) 二、双回线路的电流平衡保护(87)	
第六节 线路高频保护简介	90
一、相差动高频保护(90) 二、高频闭锁的方向保护(93) 三、高频闭锁的距离保护(93)	
第三章 同步发电机的继电保护	94

第一节 同步发电机的故障和不正常工作状态	94
第二节 发电机的过电流及过负荷保护	95
一、低电压起动的过电流保护(95) 二、复合电压起动的过电流保护(97)	
三、过负荷保护(100)	
第三节 发电机的纵差动保护	100
一、纵差动保护的工作原理(100) 二、发电机纵差动保护的接线图及整定	
计算(102) 三、采用BCH-2型差动继电器构成的纵差动保护(103)	
第四节 发电机横差动保护	106
第五节 定子绕组单相接地保护	108
一、发电机外部及内部单相接地时电容电流的分布情况(108) 二、母线型	
交流助磁式零序电流互感器及定子绕组单相接地保护(109) 三、LJM无	
助磁母线型零序电流互感器(111)	
第六节 励磁回路两点接地保护	112
第七节 发电机保护的总接线图	114
第四章 电力变压器的继电保护	116
第一节 电力变压器的故障和不正常工作状态	116
第二节 瓦斯保护	117
第三节 变压器的电流速断保护	120
第四节 变压器的差动保护	120
一、产生不平衡电流的因素(120) 二、减小和躲开不平衡电流的措施	
(122) 三、变压器差动保护动作电流的计算(126)	
第五节 变压器过流保护和过负荷保护	127
一、变压器的过流保护(127) 二、三绕组变压器过流保护的特点(127)	
三、过负荷保护(128)	
第六节 变压器保护的总接线图	128
第五章 母线保护	130
第一节 母线的故障及母线保护的装设原则	130
第二节 母线完全差动保护	132
第三节 支线固定连接的母线完全差动保护	135
第四节 电流相位比较式母线差动保护	138
一、电流相位比较式母线差动保护工作原理(138) 二、电流相位比较继电	
器(139) 三、电流相位比较式母线差动保护接线(141) 四、电流相	
位比较式母线差动保护接线的改进(142)	
第五节 母线不完全差动保护	143
第六章 电动机保护	147
第一节 概述	147
第二节 反应相间故障、接地及过负荷的电动机保护	147
一、反应相间故障的保护(147) 二、单相接地保护(150) 三、过负荷	
保护(150)	

第三节	电动机的低电压保护	151
第四节	同步电动机的失步保护	152
第七章	半导体继电保护	154
第一节	概述	154
第二节	半导体继电保护的基本电路	155
一、	电压形成回路(155) 二、比较回路(159)	
二、	比较回路(159) 三、执行回路	
三、	执行回路(163) 四、门电路(166)	
四、	门电路(166) 五、延时电路(168)	
五、	延时电路(168) 六、出口和	
六、	出口和信号回路(172)	
第三节	半导体速断、过流及重合闸装置	174
一、	装置框图(174)	
二、	装置的构成(175)	
三、	装置的动作过程(176)	
第八章	断路器的操作回路	179
第一节	概述	179
第二节	控制开关	179
第三节	断路器的操作回路	180
一、	断路器的操作机构(180)	
二、	对断路器操作回路的要求与实现的方法	
三、	断路器的位置信号回路(182)	
四、	灯光监视的操作回路(183)	
五、	音响监视操作回路(183)	
第九章	信号装置	186
第一节	位置信号装置	186
第二节	事故信号装置	186
第三节	预报信号装置	188
第四节	指挥信号装置	190
第五节	中央信号盘	191
第十章	同期装置的基本接线	195
第一节	概述	195
一、	准同期的条件(195)	
二、	准同期的实现(196)	
第二节	同期装置的基本接线	198
第十一章	备用电源自动投入装置(BZT)	201
第一节	概述	201
一、	备用电源自动投入装置的作用(201)	
二、	对备用电源自动投入装置的基本	
三、	基本要求(201)	
第二节	备用电源自动投入装置	202
一、	备用电源自动投入装置的典型接线图(202)	
二、	参数整定(203)	
第十二章	输电线路的自动重合闸装置(ZCH)	205
第一节	概述	205
一、	采用自动重合闸的必要性与可能性(205)	
二、	对自动重合闸装置的基本	
三、	要求(205)	

第二节	输电线路的三相一次自动重合闸装置	206
第三节	自动重合闸与继电保护的配合	208
	一、自动重合闸前加速保护(208) 二、自动重合闸后加速保护(209)	
第四节	两侧电源输电线路的自动重合闸	210
	一、两侧电源输电线路自动重合闸的特点及要求(210) 二、两侧电源输电线路自动重合闸的方式(210) 三、一侧检查无电压、另一侧检查同步的重合闸(211)	
第十三章	同步发电机的自动调节励磁装置(ZTL)	213
第一节	概述	213
	一、调节同步发电机励磁的基本方法及自动调节励磁装置的类型(213)	
	二、自动调节励磁装置的任务(215) 三、励磁系统的特性对自动调节励磁效果的影响(216) 四、对自动调节励磁装置的基本要求(217)	
第二节	继电强行励磁装置	218
第三节	复式励磁装置	219
	一、复式励磁装置的工作情况(219) 二、复式励磁装置各元件的作用(221)	
第四节	电磁式电压校正器	222
	一、电压校正器各组成部分的作用及工作原理(223) 二、电压校正器工作情况(227) 三、带有改进型电磁式电压校正器的复式励磁装置的调节(228)	
第五节	相位补偿型快速自动励磁调节器	229
	一、相位补偿型复式励磁工作原理(229) 二、Q-K ₁ 型相位补偿式快速自动励磁调节器(232)	
第十四章	自动按频率减负荷装置(ZPJH)	238
第一节	概述	238
	一、自动按频率减负荷装置的作用(238) 二、对自动按频率减负荷装置的基本要求(238)	
第二节	自动按频率减负荷装置	240
	一、ZPJH装置的接线图(240) 二、低周率继电器(240)	
附录一	常用符号表	242
附录二	回路标号	244
附录三	几种常用继电器的技术数据	246

第一章 继电保护的基本知识

第一节 继电保护与自动装置的任务

在现代电力系统中，继电保护和自动装置是保证电力系统安全运行和提高电能质量的重要工具。

电力系统运行中可能出现的故障主要是短路、接地短路和断线。常见的不正常运行状态主要是过负荷、系统振荡和频率降低等。故障的危害是：

(1) 由于短路电流通过电气设备，使电气设备直接受到损害，并造成系统部分用户停电；

(2) 由于短路使电力系统的电压和频率下降，影响用户的正常生产；

(3) 由于系统振荡、同期遭到破坏时，引起系统解列，造成大面积停电。

因此，任何电力系统在设计和运行时，必须考虑到系统中可能发生的故障和不正常运行状态，并利用继电保护装置予以消除以保证电力系统正常运行。

最早电力系统用熔断器作为电气设备的保护装置。目前在农村线路和小型变电所中仍广泛应用。但随着电力系统的发展，容量的增大，电压的升高，使系统接线越来越复杂，仅采用简单的熔断器往往不能满足快速、有选择性地切除故障的要求，因此伴随着断路器的采用，作用于断路器跳闸机构的继电保护装置得到了迅速的发展。

继电保护装置是由一个或几个甚至几十个继电器所组成。它用于保护输电线路和电力系统的各个电气元件。

继电保护装置的任务是：

(1) 当被保护的输电线路或电气元件发生故障时，保护装置就迅速动作，把故障的输电线路或电气元件从电力系统中切除，以消除或减小故障所引起的严重后果；

(2) 当输电线路或电气元件出现不正常运行状态或发生不太严重的故障时（如非直接接地电网中发生单相接地），保护装置动作，发出警告信号，告诉运行人员采取相应措施以消除之。

自动装置一方面配合继电保护装置提高供电可靠性（如自动重合闸装置、备用电源自动投入装置）；另一方面不断调整系统电压与频率，以保证供电质量及功率的经济分配。

第二节 对继电保护与自动装置的基本要求

为了使继电保护装置（以下简称保护装置）能及时、正确地完成它所担负的任务，对保护装置有以下四个基本要求：选择性、迅速性、灵敏性以及可靠性。

一、选择性

当电力系统某部分发生故障时，保护装置应能使离故障点最近的断路器首先断开，切

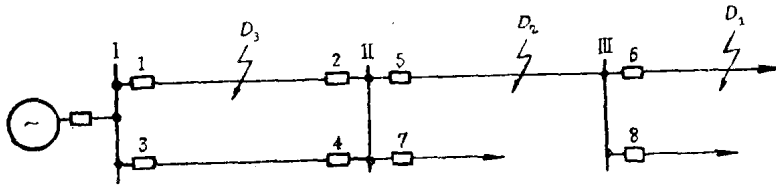


图 1-1 继电保护动作具有选择性图例

除故障部分，从而使停电范围尽量缩小。

以图1-1为例，在各个断路器处都装有保护装置。当 D_1 点故障时，因为短路电流 I_d 经过断路器 1、2、3、4、5、6 流至故障点 D_1 ，则相应的保护装置都有可能动作。但根据选择性的要求，应首先由断路器 6 处的保护装置动作，使断路器 6 断开，切除故障线路。若此时，保护装置首先使断路器 5 断开，则变电所 III 将全部停止供电，这种情况称为无选择性的动作。同理， D_2 点短路时，应由断路器 5 断开。 D_3 点短路，应将断路器 1、2 断开。

应该指出，任一元件的保护还应起下一元件后备保护的作用，如上图中的 D_1 点故障时，若由于某种原因断路器 6 处保护装置或断路器 6 拒绝动作时，则应由断路器 5 处的保护装置动作，跳开断路器 5，切除故障。这种对相邻元件的后备作用称为远后备。

二、迅速性

快速切除故障可以减小短路电流对电气设备所引起的损害；可以加速系统电压的恢复，为电动机自启动创造有利条件；可以提高发电机并列运行的稳定性。

故障切除时间等于保护装置动作时间与断路器跳闸时间之和。为快速切除故障应采用与快速断路器相配合的快速保护装置。

现代高压电网中快速保护装置的最小动作时限可达 0.02~0.04 秒，断路器的最小动作时间约为 0.05~0.06 秒。

三、灵敏性

灵敏性是指保护装置对被保护电气设备可能发生的故障和不正常运行情况的反应能力，一般是用被保护电气设备故障时，通过保护装置的故障参数（如短路电流）与保护装置的动作参数（如动作电流）的比较来判别，两个参数的比值称为灵敏系数 K_{im} 。

反应故障时参量增加而动作的保护装置，其灵敏系数为

$$K_{im} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参量的最小计算值}}{\text{保护装置的动作值}}$$

反应故障时参量降低而动作的保护装置，其灵敏系数为

$$K_{im} = \frac{\text{保护装置的动作值}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参量的最大计算值}}$$

《继电保护和自动装置规程》中，对各种保护装置的最小灵敏系数都有具体规定，此处从略。

四、可靠性

投入运行的保护装置，应经常处于准备动作状态，当被保护设备发生故障和不正常工

作状态时，保护装置应正确动作，不应拒动；其它设备的保护装置不应误动。如不满足可靠性的要求，则保护装置本身便成为扩大事故或直接造成事故的根源。

对自动装置应根据运行的需要，考虑设备投资、维护费用、使用效果和利用率等因素，尽量采用简单、有效的装置以提高电能质量和供电可靠性。

第三节 几种常用的电磁式继电器及其表示符号

一、电磁式继电器的工作原理

电磁式继电器的结构型式主要有三种：螺管线圈式、吸引衔铁式及转动舌片式，见图1-2。每种结构皆包括五个组成部分，即电磁铁1、可动衔铁或舌片2、线圈3、接点4、反作用弹簧5和止挡6。

当电磁铁的线圈中通过电流 I_1 时，在导磁体中就立即建立起磁通 ϕ ，该磁通经过电磁铁的导磁体，空气隙和衔铁而形成闭合回路，由于可动衔铁被磁化，产生了电磁力 F_a 或电磁力矩 M_a ，使图1-2(a)中衔铁被吸向上；图1-2(b)衔铁2被吸向左；图1-2(c)舌片顺时针旋转。当然只有电磁力（或电磁力矩）大于弹簧及轴承摩擦所产生的反作用力（或力矩）时，上述情况才能发生，并使接点闭合。

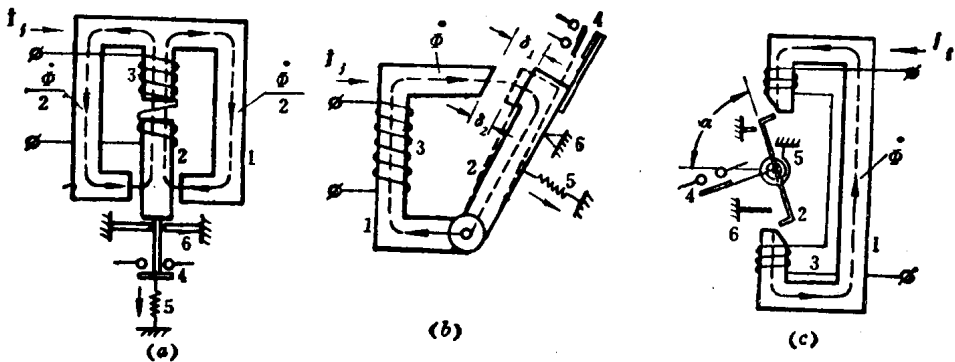


图 1-2 电磁式继电器的型式
(a)螺管线圈式；(b)吸引衔铁式；(c)转动舌片式

根据电磁学的原理可知，电磁力 F_a 与磁通 ϕ 的平方成正比，即

$$F_a = K_1 \phi^2 \quad (1-1)$$

当磁路未饱和时磁通 ϕ 与线圈中通过的电流 I_1 有以下关系

$$\phi = \frac{I_1 W}{R_m} \quad (1-2)$$

式中 W ——继电器线圈的匝数；

R_m ——磁通 ϕ 所经过磁路的磁阻。

以(1-2)式代入(1-1)式，得

$$F_a = \frac{K_1 W^2}{R_m^2} I_1^2 = K_2 I_1^2 \quad (1-3)$$

式中 K_2 ——常数，并 $K_2 = \frac{K_1 W^2}{R_\mu^2}$ 。

电磁力矩 M_d 为

$$M_d = F_d L = K_2 I_j^2 L = K_3 I_j^2 \quad (1-4)$$

式中 L ——可动舌片的长度；

K_3 ——系数，并 $K_3 = K_2 L$ 。

从(1-3)及(1-4)式可以看出，系数 K_2 、 K_3 与磁阻 R_μ 有关。作用于继电器衔铁(或舌片)的吸力和力矩，是与继电器线圈中通过的电流 I_j 的平方成正比的，而与电流流经线圈的方向无关。所以，根据电磁原理组成的继电器，可以制造成直流的或交流的。常见的电流继电器、电压继电器、时间继电器、中间继电器和信号继电器等，都是根据上述原理制成的。

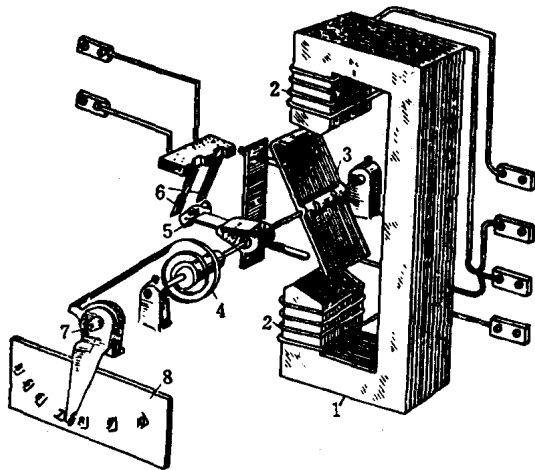


图 1-3 DL-10型电流继电器的构造
1—铁心，2—线圈，3—可动舌片，4—反作用弹簧，
5—动接点，6—静接点，7—动作电流调整把手，
8—刻度盘

为了弄清电流继电器的特性，取DL-11/20电流继电器按图1-4做实验。把继电器的动作电流调整把手对准10安培处，调压器手柄指在零处，合上开关，慢慢旋转自耦调压器，使通入继电器的电流 I_j 从零开始慢慢增加。当 I_j 小于10安培时，继电器舌片不动，它的常开接点仍然断开，灯不亮。继续增加通入继电器的电流，当 I_j 增加到10安培时，发现继电器的Z形舌片迅速转向电磁铁，使接点闭合，同时灯亮。再增加电流(大于10安培)，继电器接点仍维持闭合状态，灯仍然亮。以上过程叫做继电器的动作过程。使继电器的舌片由原始位置变为被吸引后的位置(对应的接点由断开变成闭合)的最小电流，叫做继电器的起动电流，又叫动作电流。动作电流用 $I_{dz,j}$ 表示。上述试验中 $I_{dz,j} = 10$ 安培。

继续进行实验，把大于10安培的电流慢慢减小，发现当电流减小到10安培时，继电器仍处于

二、电磁式电流、电压、时间、中间、信号继电器

(一) 电流继电器

DL-10型电流继电器的结构如图1-3。

1. 继电器的动作电流、返回电流和返回系数

为了弄清电流继电器的特性，取DL-11/20电流继电器按图1-4做实验。

把继电器的动作电流调整把手对准10安培处，调压器手柄指在零处，合上开关，慢慢旋转自耦调压器，使通入继电器的电流 I_j 从零开始慢慢增加。当 I_j 小于10安培时，继电器舌片不动，它的常开接点仍然断开，灯不亮。继续增加通入继电器的

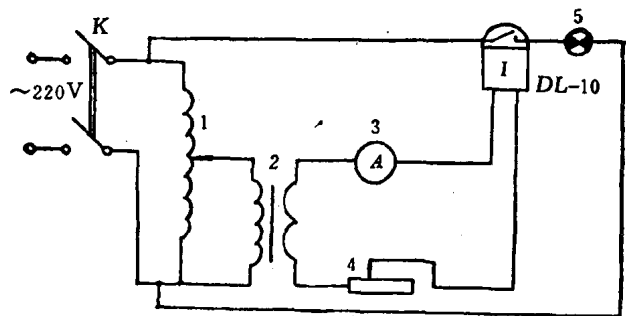


图 1-4 DL-10型继电器的试验接线图
1—自耦调压器，2—大电流发生器(行灯变压器)，3—电流表，
4—限流电阻器，5—灯

动作状态，接点仍闭合，灯仍亮。再慢慢减小电流，当减小到9安培时，发现Z型舌片回到原始位置，接点断开，灯熄灭。以上过程叫做继电器的返回过程。使继电器的Z形舌片由动作位置返回到原来位置（对应的继电器的接点由闭合变为断开）的最大电流，叫做继电器的返回电流。返回电流用 $I_{h,j}$ 表示。上述试验中 $I_{h,j}=9$ 安培。

继电器的返回电流与动作电流的比值，叫做返回系数，用 K_h 表示。

$$K_h = \frac{I_{h,j}}{I_{dz,j}} \quad (1-5)$$

对于反应参量增加而动作的继电器， K_h 恒小于1。DL-10型继电器的返回系数一般要求在0.85~0.95之间。

2. 继电器动作电流与返回电流的分析

为什么对于反应参量增加而动作的继电器，返回电流一定小于动作电流呢？

由电磁式继电器的工作原理知道，电磁力矩 M_d 是继电器的动作力矩。

在转动舌片式继电器中，电磁力矩是随角 α 变化的，当继电器电流达到 $I_{dz,j}$ 并保持不变时， M_d 随 α 变化的曲线如图1-5曲线1所示。

作用在继电器上的反抗力矩有：游丝的反作用力矩 M_y 、摩擦阻力矩 M_m 。 M_y 与 α 成正比，见曲线2。 M_m 是常数，与 α 无关，见曲线3。反抗力矩的总和为 $M_r = M_y + M_m$ ，见曲线4。使继电器动作的条件为

$$M_d \geq M_y + M_m \quad (1-6)$$

从图1-5可以看出，A点与B点之间各点都能满足继电器动作条件。A点是临界动作状态点，在这点

$$M_d = M_y + M_m$$

在B点 M_d 比 $(M_y + M_m)$ 大一个 ΔM 。

这个 ΔM 是必要的。如果 ΔM 太小，接点接触不可靠，容易引起火花。

在继电器的返回过程中，同样有 M_d 、 M_y 、 M_m 三个力矩存在。 M_d 、 M_y 方向不变， M_m 在动作过程中企图阻止Z形舌片向磁极里面运动，而在返回过程中， M_m 则企图阻止Z形舌片向原始位置运动。要使继电器返回，只有减小 I_j 以减小电磁力矩，使之满足：

$$M_d \leq M_y - M_m$$

当电流 I_j 等于返回电流 $I_{h,j}$ 时， M_d 随 α 变化的曲线如曲线6所示，它位于曲线5($M_y - M_m$)的下面，由图1-5可以看出，C点与D点之间各点都能满足继电器的返回条件，C点是临界返回状态点。在C点

$$M_d = M_y - M_m$$

通过对图1-5的研究，可以看出：由于曲线1与4的形状不同产生的 ΔM 及摩擦力矩 M_m 的存在，决定了返回电流必然小于起动电流，即 $K_h < 1$ 。返回系数 K_h 的大小与 ΔM 和 M_m

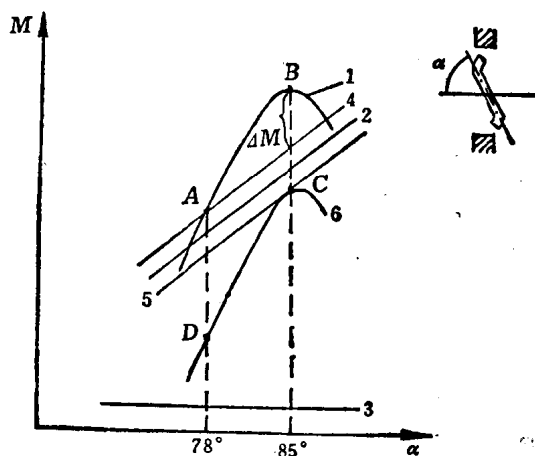


图 1-5 DL-10型继电器力矩曲线

有关。要提高返回系数，必须减小剩余力矩 ΔM ，也就是使 M_s 与 M_v 的特性曲线尽量靠近；同时尽量减小继电器转动系统轴承内的摩擦，以减小 M_m 。

3. 动作电流的调整

DL-10型电流继电器常作为继电保护的起动元件。其动作电流的调整方法有二：一、改变继电器两组线圈的接法——串联或并联，可将继电器动作电流改变一倍；二、移动游丝的调整把手，改变弹簧的反作用力矩，可以连续而均匀地改变动作电流。

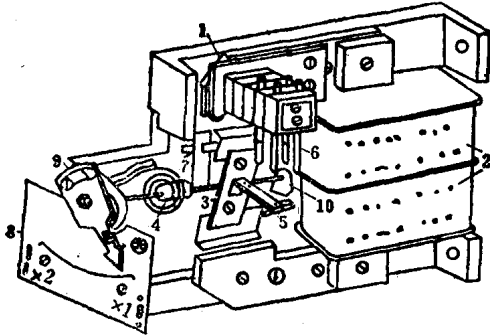


图 1-6 DL-20C、DL-30系列电流继电器的结构图

1—电磁铁，2—线圈，3—Z形舌片，4—弹簧，5—动接点，6—静接点，7—限制螺杆，8—刻度盘，9—定值调整把手，10—轴承

目前采用的电磁型电流继电器，除DL-10系列外，还有DL-20C、DL-30系列。这两种系列的继电器为组合式继电器，在成套保护屏上用的较多，其结构见图1-6。它们的工作原理和DL-10系列相同，只是结构上用电工钢制成的电磁铁铁心代替了原来的硅钢片制成的铁心，并且接点系统也作了某些改进，使其体积比DL-10系列缩小了。

(二) 电磁式电压继电器

DJ-100型电压继电器的构造和DL-10型电流继电器的构造大致相同。不同之处是：

- (1) 继电器线圈的匝数多，导线细；
- (2) 刻度盘上标示出来的是继电器的动作电压而不是动作电流。

电压继电器分过电压继电器和低电压继电器两种。

DJ-111型和DJ-131型是过电压继电器。前者有一对常开接点，后者有一对常开接点和一对常闭接点。过电压继电器动作和返回的定义与过电流继电器一样，它的返回系数为

$$K_A = \frac{U_{A,j}}{U_{As,j}} < 1$$

DJ-122型是低电压继电器，只有一对常闭接点。当继电器线圈两端加上正常工作电压时，Z形舌片处于被吸到磁极的位置，继电器接点处于断开状态。当电压下降到电磁力矩小于游丝的反作用力矩时，继电器Z形舌片被拉回，其接点闭合。这个过程叫作低电压继电器的动作过程。它的“动作过程”相当于过电压继电器的“返回过程”。使低电压继电器动作即舌片释放接点闭合的最大电压称为继电器的动作电压 $U_{As,j}$ 。在继电器动作以后，能够使它返回到起始位置即舌片被吸引、接点打开的最低电压称为继电器的返回电压 $U_{A,j}$ 。因此低电压继电器的返回系数

$$K_A = \frac{U_{A,j}}{U_{As,j}} > 1$$

DJ-122型继电器的返回系数不大于1.25。这种低电压继电器的主要缺点是：在正常电压下运行时，Z形舌片始终处于极振状态，时间长了会影响继电保护的可靠性。调试时

应设法克服这种振动现象。

目前除DJ-100型电压继电器外，体积小的DY-20C、DY-30系列的电压继电器已在不少保护屏上采用，它们的构造与DL-20C、DL-30系列的电流继电器相同。

(三) 电磁式时间继电器

时间继电器在继电保护装置和自动装置中作为时限元件，用以建立必要的动作时限。图1-7为DS-100型时间继电器的结构。它的动作原理是：当线圈1接入电压后。铁心3即被瞬时吸入电磁线圈中，因而放松了附在铁心上的杠杆9。在弹簧11的作用下使扇形轮10顺时针方向转动，并带动齿轮13，动接点22及与它同轴的摩擦离合器14也开始逆时针方向转动，通过主齿轮15传动钟表机构，因此控制了动接点轴的旋转角速度，于是动接点经过一定行程去闭合静接点23就需一定的时间。从而起到了延时的作用。

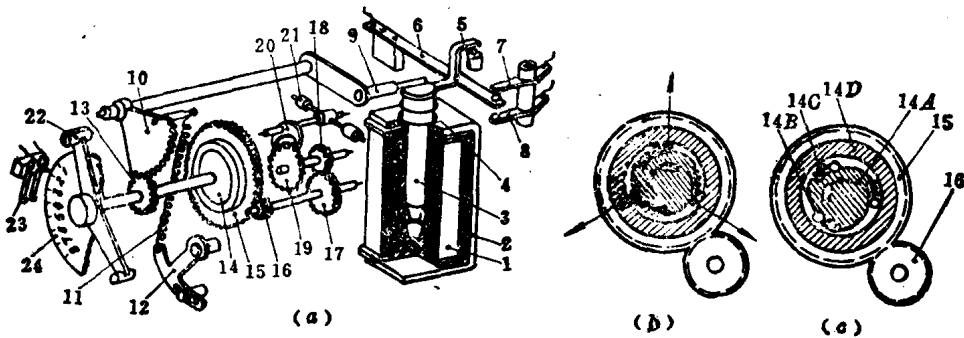


图 1-7 DS-100型时间继电器的构造

(a)继电器的结构图；(b)工作情况下的摩擦离合器；(c)返回情况下的摩擦离合器
 1—线圈，2—磁路，3—衔铁，4—返回弹簧，5—轧头，6—可动瞬时接点，7、8—固定瞬时接点，9—曲柄销，10—扇形齿轮，11—主弹簧，12—改变弹簧拉力的卡板，13—齿轮，14—摩擦离合器(14A—凸轮，14B—钢球，14C—弹簧，14D—套环)，15—主齿轮，16—钟表机构的齿轮，17、18—钟表机构的中间齿轮，19—摆轮，20—摆卡，21—重锤，22—可动接点，23—固定接点，24—标度盘

当线圈中电流消失后，在返回弹簧4的作用下，杠杆9立即使扇形轮复原。因为返回时动接点轴是顺时针方向转动的，因此摩擦离合器与主齿轮脱开，这时钟表机构不参加工作，所以返回是瞬时的。

改变静接点的位置，也就是改变动接点的行程，即可调整时间继电器的动作时间。

为了缩小时间继电器的尺寸，它的线圈一般未按长期通过电流来设计。因此，当需要在线圈上长期（大于30秒）加电压时，必须在线圈回路中串联一附加电阻 R_{fj} ，见图1-8。在时间继电器线圈上没有加电压时，电阻 R_{fj} 被继电器的常闭接点短接。当电压加入继电器线圈的最初瞬间，全部直流电压加到时间继电器的线圈上。一旦继电器动作后，其瞬时常闭接点断开， R_{fj} 串入线圈回路，使电流减小，提高了继电器的热稳定。

(四) 电磁式中间继电器

中间继电器用途很广，如主继电器（电流、电压继电器等）的接点容量不足，需要较大容量的接点；又如同时接通或断开几个回路时，需要多对接点及一个元件装有几套保护要用共同的出口继电器等等都需要采用中间继电器。

图1-9示出了DZ-10型中间继电器的构造。当线圈2加上70%以上额定电压时，衔铁

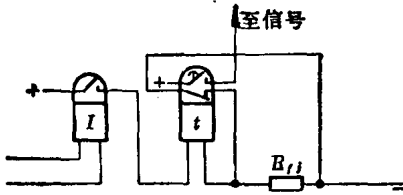


图 1-8 时间继电器接入附加电阻的电路图

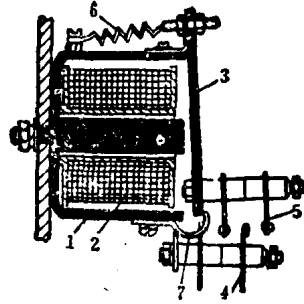


图 1-9 中间继电器的构造
1—电磁铁；2—线圈；3—衔铁；4—静接点；5—动接点；6—反作用弹簧；7—衔铁行程限制器

3 被吸，使衔铁 3 上的动接点 5 与静接点 4 接通，失电后，衔铁受弹簧 6 的拉力而返回原位。

(五) 电磁式信号继电器

信号继电器在继电保护和自动装置中用来作动作指示器。当信号继电器动作后，一方面继电器本身有掉牌指示，便于进行事故分析；同时接点闭合，接通灯光信号回路或音响信号回路，引起值班人员注意。任务完成后，由值班人员手动复归。

图1-10为DX-11型信号继电器的结构。在正常情况下，继电器线圈中没有电流通过，衔铁 3 被弹簧 6 拉住，用手转动复归旋钮 8，使信号牌 9 转至水平位置，这时衔铁的边缘支持着信号牌，并且使它保持在这个位置。

当信号继电器线圈中流过电流时，电磁力吸引衔铁而释放信号牌，信号牌由于本身的重量而下落，并且停留在垂直位置。这时在继电器外面的玻璃孔上可以看见带颜色的标志。在信号牌下落时，固定信号牌的轴同时转动90°，则动接点 4 与静接点 5 接通，可以用来接通灯光或者音响信号回路。

信号继电器通常可分为串联信号继电器（电流型信号继电器）和并联信号继电器（电

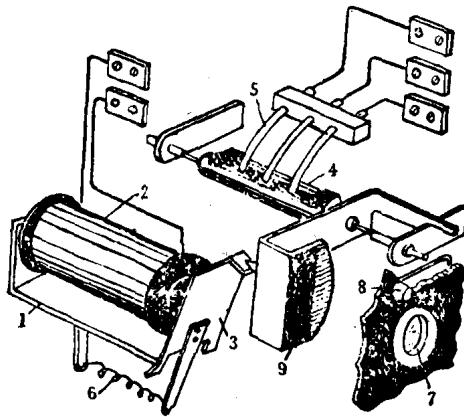


图 1-10 DX-11 型信号继电器的结构
1—磁导体，2—线圈，3—衔铁，4—动接点，5—静接点，6—弹簧，7—看信号牌的小窗，8—手动复归旋钮，9—信号牌

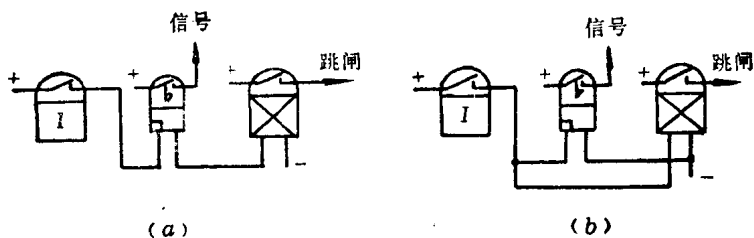


图 1-11 信号继电器的接线方式
(a)串联信号继电器；(b)并联信号继电器

压型信号继电器)两种。它们的接线见图1-11。

目前有些保护屏上采用DXM-2A型信号继电器代替DX-11型信号继电器。

DXM-2A型信号继电器采用干簧接点，用磁力自保持代替机械自保持，用灯光指示代替信号掉牌，可以远方复归。

DXM-2A型信号继电器的横断面结构如图1-12所示。当继电器的工作线圈通电时，工作线圈中电流所产生的磁通与放置在线圈内的永久磁铁的磁通方向相同，两磁通相加，使密封干簧接点闭合，信号指示灯亮。在工作线圈的电源断开后，借永久磁铁的作用可使密封干簧接点保持在闭合位置。复归时，借助复归按钮给释放线圈加上电压，因其所产生的磁通与永久磁铁的磁通方向相反而互相抵消，使接点返回原位，指示灯灭，并准备下次动作。DXM-2A型信号继电器的内部接线见图1-13。

下面将继电器、继电器线圈、继电器接点的表示符号列于表1-1、表1-2及表1-3中。

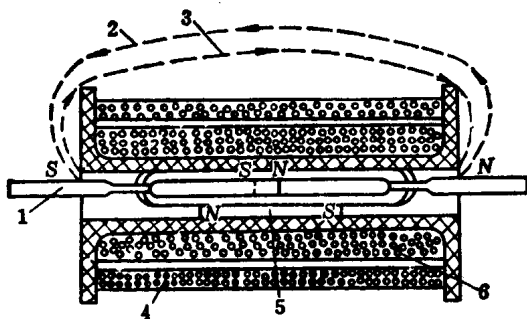


图 1-12 DXM-2A型信号继电器的结构及工作原理图

1—干簧密封接点；2—工作线圈磁通；3—释放线圈磁通；4—释放线圈；5—永久磁铁；6—工作线圈

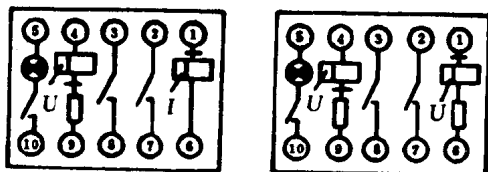


图 1-13 DXM-2A型信号继电器内部接线图

(a)电流型继电器；(b)电压型继电器