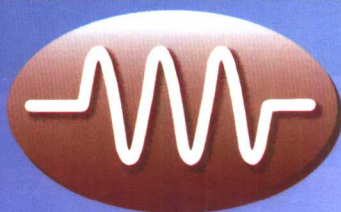




工厂电气技术丛书

继电保护技术

李兆丰 编



77
8

化学工业出版社

工厂电气技术丛书

继电保护技术

李兆丰 编

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

继电保护技术/李兆丰编. —北京:化学工业出版社,
2000.3
(工厂电气技术丛书)
ISBN 7-5025-2755-9

I. 继... II. 李... III. 继电保护 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 11740 号

工厂电气技术丛书

继电保护技术

李兆丰 编

责任编辑:刘 哲 李玉晖

责任校对:洪雅姝

封面设计:郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 10½ 字数 245 千字

2000 年 4 月第 1 版 2000 年 4 月北京第 1 次印刷

印 数: 1-4000

ISBN 7-5025-2755-9/TM·15

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

本书是为电气技术工人及初参加工作的电气技术人员编写的继电保护培训资料。

全书共分为十三章。第一、二章为基础知识，由于当前在化工企业供配电系统中，仍大量采用机电型保护，故常用继电器的介绍以机电型为主，其它形式继电器将结合有关保护装置讲解；在操作电源一节中，还简单介绍了交流操作的继电保护。第三至十一章为供配电线路和元件保护，主要从保护配置、原理、整定计算方面作较详细的分析和叙述，最后结合工作实际，列有相应例题，便于读者理解和参照应用。由于变配电所的自动装置与继电保护密切相关，同属反事故自动装置，因此也放在本书第十二章介绍。最后一章叙述了保护装置的校验。

本书第一至十二章由李兆丰同志编写，第十三章由王珺同志编写。全稿承黄诸根、余国康同志审阅。

限于编者水平，错误、不妥之处难免存在，恳请读者批评指正。

编 者

一九九九年八月

内 容 提 要

本书从应用角度介绍继电保护技术,内容包括常用继电器、供配电线路和元件保护、变配电所的自动装置和继电保护装置的校验,其中主要讲述元件和线路的继电保护,如线路保护、变压器保护、母线保护、自备(余热)电站发电机保护、整流变压器组保护、电弧炉变压器保护、高压电动机保护、电力电容器组保护和采用高压熔断器保护等。对上述每种保护均介绍其各种保护方式的适用范围、原理接线、应用要点和整定计算,并有计算示例,可直接指导现场继电保护的选用。

本书内容精练,操作性强,可供电气技术人员和工人参考使用。

目 录

第一章 概述	1
第二章 继电保护的基本知识	3
第一节 继电保护的基本原理及分类	3
第二节 常用继电器的构成和动作原理	4
第三节 电流互感器和电压互感器	10
第四节 变配电所的操作电源	18
第三章 6~35kV 线路保护	23
第一节 线路的保护方式	23
第二节 反应相间短路的电流电压保护	23
第三节 方向性电流保护	35
第四节 纵联差动保护	41
第五节 单相接地保护	50
第六节 计算示例	54
第四章 电力变压器的继电保护	57
第一节 变压器的保护方式	57
第二节 变压器的瓦斯保护	58
第三节 变压器的电流速断保护	59
第四节 变压器的差动保护	60
第五节 变压器的过电流保护	69
第六节 变压器的过负荷保护	73
第七节 计算示例	73
第五章 母线保护	76
第一节 母线故障的保护方式	76
第二节 单母线完全差动保护	77
第三节 元件固定连结的双母线差动保护	79
第四节 电流相位比较式母线差动保护	82
第五节 母线不完全差动保护	87
第六章 自备(余热)电站发电机保护	90
第一节 发电机的保护方式	90
第二节 发电机的电流速断保护	91
第三节 发电机的纵联差动保护	92
第四节 发电机的横联差动保护	94
第五节 发电机定子绕组单相接地保护	95
第六节 发电机的过电流和过负荷保护	98
第七节 发电机转子绕组的一点及两点接地保护	101

第七章 整流变压器保护	105
第一节 整流变压器的保护方式	105
第二节 整流变压器的过电流保护	105
第三节 整流变压器的过负荷保护	107
第八章 电弧炉变压器保护	108
第一节 电弧炉变压器的保护方式	108
第二节 电弧炉变压器的瞬时过电流保护	109
第三节 电弧炉变压器的过负荷保护	110
第四节 电弧炉变压器的带时限过电流保护	111
第五节 计算示例	112
第九章 高压电动机保护	115
第一节 高压电动机的保护方式	115
第二节 高压电动机的电流速断保护	116
第三节 高压电动机的纵联差动保护	118
第四节 电动机的单相接地保护	119
第五节 电动机的过负荷保护	120
第六节 电动机的低电压保护	121
第七节 同步电动机的失步保护	123
第八节 同步电动机的带载自动再同步	124
第九节 计算示例	125
第十章 电力电容器组的保护	127
第一节 电容器组的保护方式	127
第二节 瞬时或短延时过电流保护	127
第三节 电容器组的中性线电流平衡保护	128
第四节 电容器组的相横差电流保护	129
第五节 电容器组的过电压保护	130
第十一章 采用高压熔断器的保护	131
第一节 基本要求	131
第二节 用高压熔断器保护 6~35kV 线路	131
第三节 用高压熔断器保护 6~35kV 降压变压器	132
第四节 用高压熔断器保护 6~10kV 电力电容器组	133
第五节 上、下级熔断器保护的配合及示例	133
第十二章 变配电所的自动装置	136
第一节 单侧电源线路的三相自动重合闸装置	136
第二节 备用电源自动投入装置	139
第十三章 继电保护装置的校验	144
第一节 常用继电器的检验	144
第二节 继电保护的整组试验	159
主要参考文献	161

第一章 概 述

企业供配电系统和电气设备在生产运行中,由于绝缘老化,机械损伤等原因发生各种故障和不正常的工作状态是不可能完全避免的。常见的也是最危险的故障就是各种类型的短路,它使系统电压降低,并产生很大的短路电流,从而造成严重后果。不正常工作状态是指使电气设备或系统运行参数偏离规定容许值的情况,如过负荷、温度过高等。就其性质、危害性而言,不正常工作状态不同于故障,但如不及时处理,也会发展成为故障。

故障和不正常工作状态都可能在系统中引起事故。所谓事故,就是系统的全部或部分的正常运行遭到破坏,以致造成对用户的停电或少送电,电能质量下降,甚至毁坏设备等。

由于系统中存在着发生故障和不正常工作状态的可能,并将造成严重后果,因此要求能及时发现,采取有效措施,以减少损失。具体的方法是:一旦发生故障,立即将故障设备从电网上切除。显然这个任务靠值班员直接操作来完成是不可能的,只有借助专门的反事故装置,即继电保护。

继电保护装置,就是一种能反映电气设备的故障或不正常工作状态,并作用于断路器跳闸或发生信号的自动装置,它的基本任务是:

①设备发生故障时,自动地、迅速地、有选择地将故障设备从系统中切除,保证无故障设备迅速恢复正常运行,并防止故障设备继续遭到破坏。

②设备出现不正常工作状态时,自动发出警报信号,以便值班人员采取有效措施,从而恢复设备正常运行。

③依据实际情况,尽快自动恢复停电部分的供电。

可见,继电保护的作用是防止系统事故的发生和发展,限制事故范围,保证电能质量,并提高供电的可靠性。所以,继电保护是供配电系统安全运行不可缺少的重要组成部分。

为了使继电保护装置能及时、正确地完成任务,对保护装置有以下四个要求。

(1) 选择性 选择性就是要求保护装置只将故障部分自电网中切除,最大限度的保证无故障部分继续运行。

如图 1-1 所示,当 d_1 点短路时,断路器 1、2、3、4 均有短路电流流过,相应的保护都有可能动作,但根据选择性要求,保护只应跳开 1、2 断路器,切除故障线路,其余部分继续运行。倘若保护使 3、4 断路器也动作跳闸,就会造成 B 变电所失电,扩大了事故,这就属于无选择性动作。

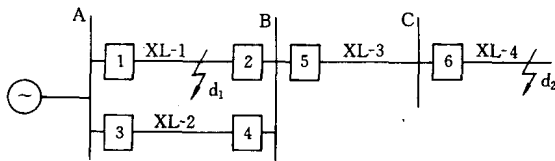


图 1-1 保护有选择性动作图例

同样,当 d_2 点短路时,短路电流流经 1~6 断路器,但保护只应跳开断路器 6,其余要继续供电。

在此指出,如果断路器 6 由于某种原因拒动,此时断路器 5 的保护就应使断路器 5 跳闸,这也符合选择性要求。断路器 5 跳闸,虽使 C 配电所失电,但这事故的扩大是由于断路

器 6 拒动引起，它仍然是尽可能地限制事故的发展。这种作用称为后备保护，即断路器 5 的保护既作为线路 XL-3 的主保护，又兼作线路 XL-4 的远后备保护，这是保护的一种完善。

保护装置的选择性是依靠合理选择保护方案和正确地进行整定计算，通过各级保护相互配合来实现的。

(2) 快速性 快速性是要求保护装置以尽可能短的时限将故障切除。

快速切除故障可以减轻短路电流对电气设备的损坏程度；缩小故障影响范围；加速系统电压恢复，改善用户电动机的自启动条件；以及提高电力系统及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。断路器的跳闸时间一般不大于 0.06s，一般快速保护装置的动作为 0.08 ~ 0.12s。而对 35kV 以下的配电网要求切除故障时间为 0.5 ~ 1.0s。因此，目前生产的继电保护装置一般都能满足网络对快速性切除故障的要求。

有时，快速性和选择性是有矛盾的，这时应在保证选择性的前提下，力求取得保护装置的快速性。

对于只发出信号的保护装置不要求快速动作，而是按照选择性要求延时发出信号。

(3) 灵敏性 灵敏性是指保护装置对其保护范围内可能发生的故障和不正常工作状态的反应能力，也称灵敏度。

灵敏性是衡量保护装置能否正确动作的一个重要指标，设计继电保护装置时都必须进行灵敏性校验。灵敏性的高低通常以灵敏系数 (K_{lm}) 表示，其值为最不利运行方式和故障类型下的故障参数与整定动作值之比（这里不考虑可能性很小的情况）。因为故障参数受系统运行方式和故障类型的影响较大，只有在最不利的计算条件下进行灵敏度校验，才能保证保护装置在所有情况下的灵敏度。

这里讲到“最不利的运行方式”，其实只考虑系统运行方式的两种极端情况，即最大运行方式和最小运行方式。

所谓最大运行方式就是供电系统中的发电机、并联线路、变压器等都投入的运行方式。此时系统容量最大，电压较稳定，等值阻抗最小，短路电流最大。

所谓最小运行方式就是供电系统中的发电机、并联线路、变压器等投入最少的一种运行方式。此时系统容量最小，电压较不稳定，等值阻抗最大，短路电流最小。

对于不同作用的保护装置和被保护设备，所要求的灵敏系数是不同的，在以后各章中分别加以叙述。

(4) 可靠性 可靠性是要求保护装置动作可靠，即在规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时，不应拒绝动作，在任何其它该保护不应该动作的情况下，则不应该误动作。

如果该动作的时候拒绝动作，则保护如同虚设而失去保护作用，如果不该动作的时候误动作，则保护本身反而成为事故的根源，显然保护的误动和拒动都会给被保护设备和电力系统造成严重后果。因此，可靠性是对继电保护装置的一个最基本的要求。

为了保证保护装置有足够的可靠性，要求保护装置的设计原理、整定计算、安装调试正确无误，各组成元件的质量良好，运行维护良好，接线力求简化有效。

继电保护装置的这四个基本要求，既相互联系，又彼此矛盾。在实际工作中，要从全局着眼，以满足系统的要求为前提，以安全可靠为中心，密切结合实际情况，具体处理好四者之间的关系，以求得一个比较完善的保护方案，使继电保护在系统中发挥最好的作用。

第二章 继电保护的基本知识

第一节 继电保护的基本原理及分类

一、继电保护的基本原理

供配电系统各设备都有它的额定参数，当发生故障或异常情况时，这些运行参数就会偏离额定值，从而对电气设备和电力系统的安全运行构成威胁。应用于系统中的各种继电保护就是以反应这些电气量的变化为基础，利用正常运行与故障时各电气量间的差别来实现。

例如，系统发生短路故障时，其特点是电流增大，电压降低，电流与电压间的相位角发生变化。在继电保护中，利用电流变化便构成了电流速断、定时限过流等保护；反映电压变化，有低电压保护；反映电流与电压间的相位角变化，构成方向性过流保护等等。

继电保护的种类很多，但就一般情况而言，都由三个基本部分组成，即测量部分、逻辑部分、执行部分，其原理框图如图 2-1 所示。

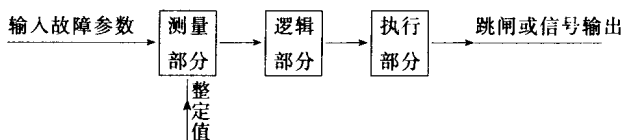


图 2-1 继电保护装置原理方框图

测量部分的作用是测量反映被保护设备工作状态（正常、异常、故障）的一个或几个有关的电气量，并与给定的整定值进行比较，决定保护装置是否应启动。

逻辑部分的作用是根据测量部分输出量的大小、性质、组合方式或出现的顺序来判断被保护设备的工作状态，以决定保护装置是否应该动作。继电保护中常用的逻辑回路有“或”、“与”、“否”三种，有时还包括延时、记忆等回路。

执行部分的作用是根据逻辑部分所作出的决定，执行保护装置的最终任务，即给出信号或跳闸或不动作。

二、继电保护的分类

继电保护装置通常有以下几种分类方法。

（1）按所反映的物理量分类 可分为电流保护、电压保护、差动保护、瓦斯保护、零序电流保护等。

（2）按构成保护的继电器类型分类 可分为电磁型保护、整流型保护、晶体管保护和数字式微机保护。其中，分立元件的晶体管保护逐渐为集成电路保护所取代，成为第二代静态型保护，它是目前最新的模拟式保护装置。

（3）按被保护的對象分类 可分为输电线保护、发电机保护、变压器保护、电动机保护、电炉保护等。

在某一设备的保护中，按继电保护所起的作用又可分为主保护、后备保护、以及为了改善保护某些性能而专门设置的辅助保护等。

主保护是电气设备的主要保护，因此要求有尽可能快的动作时间，而其保护范围一般不超出所保护的設備之外。

后备保护是指当主保护或断路器本身拒动时，起后备作用的保护，它允许以较长的时间

切除故障。后备保护又有远后备和近后备两种实施方式。近后备保护是指除主保护外再装设另一套保护作为主保护的后备，而远后备保护是指当主保护或断路器拒绝动作时，由靠近电源侧的相邻元件保护来实现后备保护作用的保护。

在 35kV 以下供电系统中，广泛应用远后备保护。因为远后备保护在性能上比较完善，它对相邻元件的保护装置、断路器、直流电源所引起的拒动，均能起到后备作用，同时，远后备保护的实现比较简单、经济。

第二节 常用继电器的构成和动作原理

继电保护装置的基本组成元件是继电器。继电器是一种自动动作的电器，当它反映的物理量达到一定数值时，能使它所控制的另一物理量发生突然的变化。

一般继电器都是由感受元件、比较元件和执行元件三个主要部分组成。感受元件用来反应控制量的变化情况，并以某种形式传送到比较元件；比较元件将感受元件送来的物理量与预先给定量（整定值）相比较，并根据比较结果作用于执行元件；执行元件受到上述作用后，即使被控制量发生突然改变，完成继电器所担负的任务。

继电器的种类很多，通常按下列两种方法分类。

(1) 按在保护装置中的作用分类 分为测量继电器和辅助继电器两大类。测量继电器用于直接反应物理量的变化，按所反应物理量的性质不同可分为电流、电压、功率方向、差动、零序、瓦斯继电器等。辅助继电器用来改进和完善保护的功能，具体又可分为中间、时间和信号继电器，它们大都应用在保护装置的逻辑部分和执行部分。

(2) 按动作和构成原理分类 可分为电磁型、感应型、整流型和晶体管型四大类。

目前，在企业供电系统继电保护中，仍比较多地采用电磁型和感应型继电器，但是有被晶体管型继电器和微型计算机代替的趋势。

本节着重介绍常用的电磁型和感应型继电器，至于整流型、晶体管型继电器将在以后有关章节中讲解。

一、电磁型继电器

1. 电流继电器

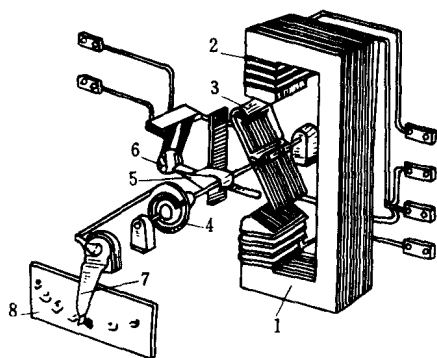


图 2-2 DL-10 系列电流继电器结构图

1—电磁铁；2—线圈；3—可动舌片；
4—反作用弹簧；5—动触点；6—静
触点；7—调整把手；8—刻度板

电流继电器是反映电流超过某一数值而动作的，它在电流保护中用作测量和起动元件。目前广泛采用的是 DL-10 系列电流继电器，其结构如图 2-2 所示。

当继电器线圈 2 通过电流时，在电磁铁 1 中产生的磁通力图使 Z 形可动舌片 3 向磁极偏转，舌片所受的电磁力与电流的平方成正比。当继电器线圈中的电流所产生的电磁力矩大于弹簧 4 及摩擦力产生的力矩时，舌片开始转动，从而带动轴上的动触点 5 顺时针转动与静触点闭合，完成动作过程。舌片一旦转动，则舌片与磁极之间的距离便缩小，磁阻也随着减小，电磁力增大，舌片的转动不断加速，因此继电器就突然动作。当

输入继电器的电流减少到某一数值时，继电器将在弹簧的反作用力矩的作用下，使舌片离开

磁极，磁阻增大，电磁力矩减小，返回更快。这种突然动作、突然返回的特性，叫做继电器的继电特性，如图 2-3 所示。

正是这个继电特性，使继电器永远处于“静止”或“动作”状态之一，决不能呈现处于两者之间的中间状态，从而保证了保护继电器动作的准确和可靠。

能使电流继电器动作的最小电流叫做继电器的动作电流，用 $I_{dz,j}$ 表示。能使继电器返回到原来位置的最大电流叫做继电器的返回电流，用 $I_{f,j}$ 表示。

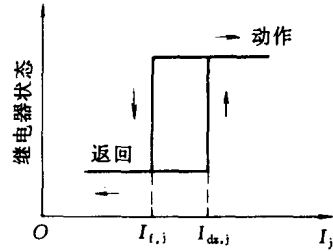


图 2-3 电流继电器的继电特性

继电器的返回电流与动作电流之比叫做返回系数，用 K_f 表示，即 $K_f = I_{f,j}/I_{dz,j}$ ，它是继电器的一个重要技术指标。

显然，反映电气量增长而动作的继电器即过量继电器，其返回系数总是小于 1 的，但为了提高保护装置的灵敏性，一般要求 DL-10 系列电流继电器的返回系数应不小于 0.85。

电流继电器的动作电流可根据需要进行调整，改变调整把手 7 的位置，即改变弹簧的反作用力矩，可以均匀地改变动作电流，动作电流可直接从刻度盘 8 读出。另外，继电器的线圈由两段组成，用连接片可以改变线圈的连接方法，使其串联或并联。图 2-4 所示，线圈由串联改为并联时，可将继电器的启动电流增加一倍。

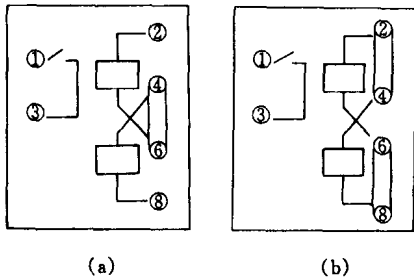


图 2-4 DL 型继电器的内部接线
(a) 串联；(b) 并联

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，是改进后的新产品，在成套保护屏上用得较多。

其工作原理与 DL-10 系列相同，只是对电磁铁和触点系统作了某些改进，体积较 DL-10 为小，并改为插件式，更换方便。

2. 电压继电器

电压继电器反映网络电压的大小而动作。目前广泛应用的有 DJ-100 系列，其结构和动作原理与 DL-10 系列电流继电器大致相同，只是由于电压继电器并接在电压互感器二次侧的交流电压上，其线圈的匝数多而导线细，阻抗较大。

电压继电器分为过电压和低电压两种。过电压继电器的动作电压、返回电压和返回系数的含义与电流继电器技术参数一样。保护中应用较多的是低电压继电器，常在低电压保护或低电压闭锁回路中用作启动元件。

DJ-122 是低电压继电器，它有一对常闭接点，当继电器线圈接入正常工作电压时，根据电磁原理，可动舌片被足够大的电磁力矩吸向磁极，常闭触点打开，此时称继电器为非动作状态。当加入继电器的电压下降到某一定值时，电磁力矩减小，可动舌片被弹簧的反作用力拉动而离开磁极，直到继电器触点闭合，这个过程叫做低电压继电器的动作过程。能使低电压继电器动作的最高电压，称为该继电器的动作电压，用 $U_{dz,j}$ 表示。在继电器动作后，如增大电压，当该电压达到某一定值时，又使继电器舌片吸向磁极，从而打开触点，这一过程

叫做返回过程。能使继电器返回的最低电压为继电器的返回电压，以 $U_{m,j}$ 表示，其返回系数的表达式为 $K_f = U_{f,j} / U_{dz,j}$ 。

显然，低电压继电器的 K_f 必大于 1，但一般要求不大于 1.25。

这里要引起注意的是，从继电器可动舌片的动作情况来看，低电压继电器的动作和返回的概念正好与过量继电器的动作和返回的概念相反，我们在理解保护的动作用原理或阅读图纸时，一定要分清这两种情况。

DJ-100 系列电压继电器动作电压的调整方法与 DL-10 系列电流继电器相同，只是线圈串联时的动作电压是并联时的一倍。

除 DJ-100 系列电压继电器外，广泛应用的还有 DY-20C、DY-30 系列，其构造与 DL-20C 和 DL-30 系列电流继电器相同。

3. 时间继电器

时间继电器在继电保护和自动装置中作为时间元件，用来建立必要的动作时限。

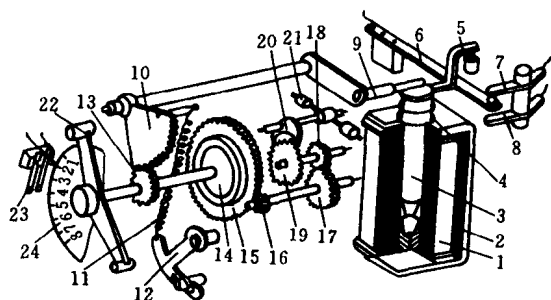


图 2-5 DS-110、120 系列时间继电器结构图

- 1—线圈；2—磁导体；3—衔铁；4—返回弹簧；
5—扎头；6—可动瞬时触点；7、8—固定瞬时触点；9—曲柄；10—扇形齿轮；11—主弹簧；12—改变弹簧拉力的卡板；13—转动齿轮；14—摩擦离合器；15—主齿轮；16—钟表机构齿轮；17、18—中间齿轮；19—摆轮；20—摆卡；21—平衡锤；
22—动触点；23—静触点；24—刻度盘

动触点轴的旋转角速度，动触点 22 以恒速转动，经一定时间后与静触点 23 接触，完成动作过程。

当线圈上的外加电压消失后，在返回弹簧 4 的作用下，曲柄杠杆立即使扇形齿轮复原。因为返回时动触点轴是顺时针方向转动的，此时同轴的离合器与主齿轮脱开，钟表机构不参加工作，所以返回是瞬时的。

改变静触点的位置，也就是改变动触点的行程，即可调整继电器的动作时间。

为了缩小时间继电器的尺寸，它的线圈一般不按长期通过电流来设计，因此，当需要较长时间（大于 30s）接入电压时，需采用 DS-100C 系列时间继电器，其内部线圈回路中串有一个附加电阻 R_{fj} ，如图 2-6 所示。电阻 R_{fj} 在正常情况下被继电器的瞬动常闭触点所短接，当继电器动作后，该触点立即断开，将电

变配电所常用的电磁型时间继电器有 DS-110、120 系列，DS-110 系列适用于直流回路，DS-120 系列适用于交流回路，它们的结构相同，如图 2-5 所示，由一个电磁启动机构带动一个钟表机构构成，并有一对瞬时触点和一对延时触点。

当线圈 1 加入额定电压后，衔铁 3 即被吸入电磁线圈中，因而放松了附在衔铁上的曲柄杠杆 9，在弹簧 11 的作用下，使扇形齿轮 10 按顺时针方向转动，并使齿轮 13、同轴的摩擦离合器 14 和动触点 22 按逆时针转动，此时带动主齿轮 15，并传动钟表机构。在钟表机构的摆卡 20 和平衡锤 21 的作用下，控制

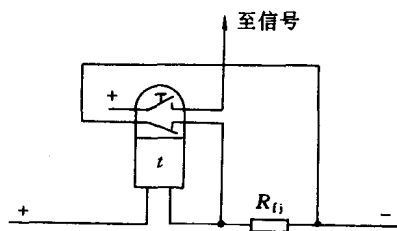


图 2-6 时间继电器接入附加电阻的电路图

阻串入线圈回路，以限制线圈电流。

除 DS-110、120 系列外，目前还采用 DS-20A、DS-30 系列的时间继电器，它们的工作原理仍为电磁型，只是在延时机构上作了某些改进。

4. 中间继电器

中间继电器在继电保护装置中，用以增加触点数量和触点容量，也可使触点闭合或断开时带有不大的延时（0.4~0.8s），或者通过继电器的自保持，以满足保护装置的需要。

图 2-7 为 DZ-10 系列中间继电器的结构图，当线圈 2 加上 70% 以上的额定电压时，衔铁 3 被吸合，并带动动触点 5 与静触点 4 闭合，完成动作过程。当线圈失电后，衔铁受反作用弹簧 6 的拉力而返回原来位置。

中间继电器由于用途不同，类型较多，变配电所常用的中间继电器除 DZ-10 系列外，还有 DZS-100、DZB-100 及 YZJ 系列等。DZS 中间继电器带有延时动作或延时返回的接点，它与 DZ 型中间继电器的区别在于铁芯上套有若干铜质短路环（也称阻尼环），这样在接通或断开继电器线圈的电源时，在铜环中感应出电涡流，阻止铁芯中磁通的变化，从而使继电器略带延时。

DZB 型中间继电器是为了满足断路器的可靠跳闸或防止发生跳跃现象而生产的，具有自保持功能。它的结构与 DZ 型中间继电器相同，主要区别在于这种继电器还带有一个或两个电流线圈作为自保持线圈或启动线圈，当继电器动作后，其瞬动常开触点将自保持线圈接通，这样，当启动线圈回路断开时，继电器仍能保持动作状态。

YZJ 型中间继电器性能与上述相同，只是它采用 II 型磁导体构成，其启动的电压线圈串有电阻，以降低功率消耗和温升。

这类继电器连线时要注意线圈的极性，线圈的同极性端子必须在同一侧（正电源侧或负电源侧），否则线圈产生的磁势相互抵消，造成继电器不能正常工作和保持。

5. 信号继电器

信号继电器在继电保护中，用来作为整套保护装置或装置某一回路动作的信号指示。当信号继电器动作后，一方面信号继电器本身有掉牌或灯光指示，便于进行事故分析；另一方面其触点闭合，接通灯光或音响回路，以引起值班员的注意。任务完成后，由值班员手动复原。

变配电所常用的信号继电器有：DX-11 型、DX-30 型和 DXM-2A 型。

图 2-8 为 DX-11 型信号继电器的结构图。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，衔铁的边缘支持着信号牌，使它保持在水平位置。当线圈中流过电流时，电磁力吸引衔铁而释放信号牌，信号牌由于本身的重量下落，并停留在垂直位置，这时从继电器外面的观察孔可以看见带颜色标志的信号牌。在信号牌下落时，固定信号牌的轴同时转动 90°，则固定在这轴上的动触点 4 与静触点 5 闭合，接通灯光和音响信号回路。复归时，用手转动复归把手 8，信号掉牌和接点随即返回原位，准备好下次动作。

DX-30 系列信号继电器原理与 DX-11 型相同，只是在结构上有所改进。DX-31 型信号继电器为掉牌信号，由机械保持，手动复归。DX-32 型信号继电器为灯光信号，由电压保持，

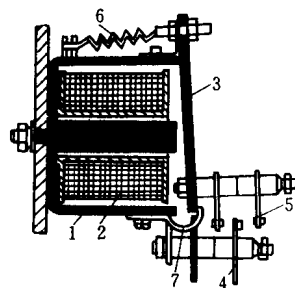


图 2-7 DZ-10 型中间继电器的结构图

1—电磁铁；2—线圈；3—衔铁；
4—静触点；5—动触点；6—反
作用弹簧；7—衔铁行程限制器

电动复归。

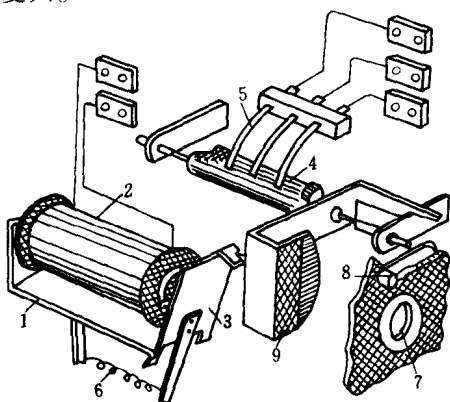


图 2-8 DX-11 型信号继电器的结构图

1—电磁铁；2—线圈；3—衔铁；4—动触点；5—静触点；6—弹簧；7—观察孔；8—手动复归旋钮；9—信号牌

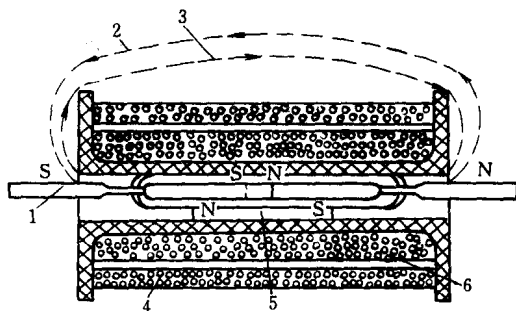


图 2-9 DXM-2A 型信号继电器的结构及工作原理图

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

DXM-2A 型是干簧触点，用磁力自保持，灯光指示，而且可以远方电动复归，其工作原理如图 2-9 所示。

当继电器工作线圈通电时，工作线圈中电流所产生的磁通 2 与放置在线圈内的永久磁铁 5 的磁通方向相同，两磁通相加使干簧密封触点闭合，信号指示灯亮，在工作线圈断电后，借永久磁铁的作用可使干簧密封触点保持在闭合位置，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 3 与永久磁铁的磁通方向相反而互相抵消，使触点返回原位，指示灯灭，准备下一次动作。

信号继电器的线圈均有电压型和电流型两种。电压型线圈应并联接入电路（也称并联信号继电器），电流型线圈应串联接入电路（也称串联信号继电器），它们的接线方式如图 2-10 所示。

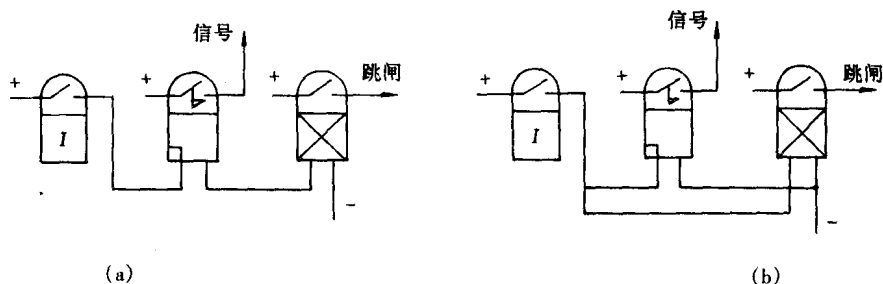


图 2-10 信号继电器的接线方式

(a) 串联接入；(b) 并联接入

二、感应型电流继电器

常用的感应型电流继电器有 GL-10 和 GL-20 两个系列，结构如图 2-11 所示，它由反时限特性的感应元件和瞬时动作的电磁元件两部分组成。

1. 感应元件工作原理

感应元件由带短路环 2 的电磁铁 1 及铝制转动圆盘 3 组成，其重要特点就是利用短路环造成磁分路，使一个电流量在磁路上获得两个在空间位置上不重合，在时间上不同相位的磁通。

根据电磁感应原理,在空间位置不重合,在时间上有一相位差的两个磁通作用在同一导体时,将产生一个始终由超前磁通向落后磁通方向移动的电磁转矩。在这个电磁转矩的作用下,使铝质圆盘3转动,且始终由磁极未套有短路环部分向套有短路环部分旋转,其转矩正比于流过线圈电流的平方,即 $M_{dc} \propto I_j^2$ 。

从继电器的结构上可以看到,铝质圆盘3的转轴装在可转动的方形框架4上,而方框借弹簧5的拉力保持在初始位置,此时蜗杆7不与扇形齿轮8接触。

当继电器线圈流过20%~40%的启动电流时,产生的转矩足以克服轴承的摩擦转矩,圆盘开始转动。在圆盘的另一侧装有永久磁铁6,永久磁铁的制动作用是随圆盘转速的增加而增大的,这个制动力矩加上机械摩擦力矩在某一转速下与电磁力矩相平衡,如图2-12所示,因而在一定的电流下保持圆盘恒速转动,但这时的转速较慢,还不足以带动方框,故蜗杆与扇形齿轮仍不能啮合,因此圆盘处于空转状态,继电器不会动作。

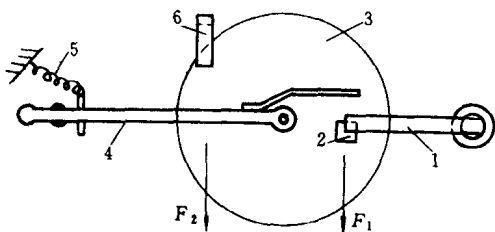


图 2-12 圆盘作用力示意图

蜗杆与扇形齿轮啮合的最小电流称为继电器感应元件的动作电流。而在继电器动作后,使蜗杆与扇形齿轮可以脱离的最大电流称为继电器感应元件的返回电流。

附装在框架上的感应铁片11,在继电器动作时,由于磁路漏磁的作用,产生附加吸力,用以防止蜗杆与扇形齿轮在转动过程中脱离,使继电器可靠地完成动作。调整感应片在吸入后与电磁铁之间的间隙能改变返回电流的大小。

当电流增大,则圆盘的转速越快,扇形齿轮上升的速度亦加快,致使继电器动作时间减少。感应型电流继电器的动作时间随电流增大而减少的特性称为反时限特性,如图2-13的曲线部分。

当电流增大到某一数值时,铁芯开始饱和,磁

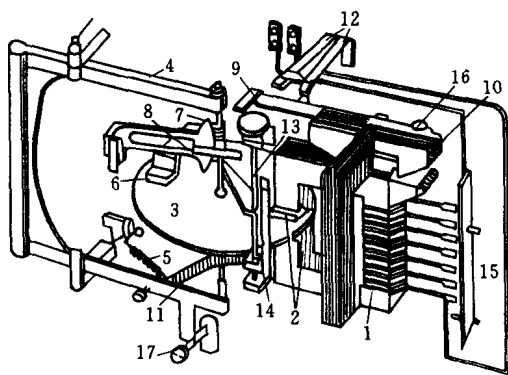


图 2-11 GL系列电流继电器构造图

- 1—电磁铁；2—短路环；3—铝质圆盘；4—可动框架；5—拉力弹簧；6—永久磁铁；7—蜗杆；8—扇形齿轮；9—衔铁横担；10—可动衔铁；11—感应铁片；12—触点；13—时间调整旋钮；14—动作时间调整指示器；15—电流整定板；16—速断整定旋钮；17—可动框架止板

继续增加线圈中电流,圆盘转速加快,永久磁铁所产生的制动力矩也随之增大,两力 F_1 、 F_2 共同作用克服弹簧拉力带动方框前移,从而使蜗杆与扇形齿轮啮合,由于圆盘继续转动,扇形齿轮沿着蜗杆慢慢上升,并用本身附带的顶杆推动可动衔铁10左端的横担9,可动衔铁慢慢转动,使其右端与磁路之间的间隙减小直至衔铁被吸下,横担上升使触点12闭合,完成感应元件动作过程。能使

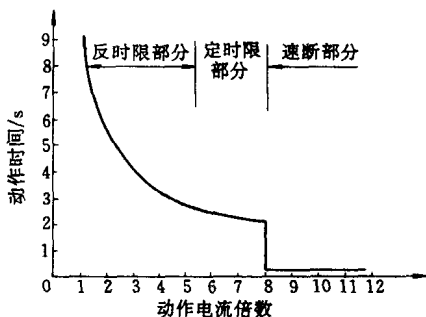


图 2-13 GL型电流继电器的时间特性曲线

通不再随电流的增大而增加，因而转矩基本不变，动作时间保持恒定，此即继电器的定时限特性，如图 2-13 曲线中的水平段。

继电器动作电流的调整是利用图 2-10 中插销 22 改变继电器线圈的匝数来实现的，定时限部分的动作时间，则通过时间整定旋钮 13 以改变扇形齿轮的起始位置来调节。

2. 电磁元件的工作原理

电磁元件由可动衔铁 10 和电磁铁 1 所组成。可动衔铁固定在电磁铁铁芯上面的轴上，可以在轴上左右转动，且左边装有横担（见图 2-11）。由于衔铁在轴的左半边的重量大于右半边重量，所以正常时衔铁是转向左边的，继电器触点打开，但是当流过线圈的电流大到一定值时，衔铁的右端立即被电磁铁的铁芯吸住，衔铁横担上升，使触点闭合，构成继电器的速断特性。

电磁元件的启动电流可以用整定旋钮 16 改变可动衔铁与电磁铁之间的空气隙来调整，气隙越大，启动电流就越大。电磁元件的启动电流通常采用感应元件启动电流的倍数来表示，一般为 2~8 倍。

GL 系列继电器接点容量较大，能直接动作于断路器的跳闸线圈。另外继电器本身还具有机械掉牌信号装置，因此它是一种结构完善的多功能继电器。

第三节 电流互感器和电压互感器

供电系统的继电保护装置绝大多数是根据故障时电流、电压及电流电压间相位角等电气量的变化而工作的，这些电气量一般都是通过电流互感器和电压互感器加到继电保护装置，因此要求对电流互感器和电压互感器的一些特性加以了解。

一、电流互感器

在继电保护回路中，电流互感器的作用是将供给继电保护用的二次电流回路与一次电流的高压系统隔离，并按电流互感器的变比，将系统的一次大电流缩小为一定数值的二次电流。常用电流互感器二次侧额定电流为 5A。

电流互感器在运行中，二次绕组是不允许开路的，这是因为电流互感器二次绕组开路时，一次绕组中的电流全部成为励磁电流，使铁芯中的磁通密度大大上升，从而在二次绕组中感应出高电压，危及二次绕组绝缘和人身安全。同时由于磁通剧烈增加，铁芯涡流及磁滞损耗增加，铁芯发热，并产生残磁，使铁芯的磁性恶化，电流互感器误差增大。

电流互感器的二次绕组回路必须接地，这是为了防止当一次和二次绕组击穿后，在二次绕组出现高电压，而损坏二次设备和危及人身安全。但是不能两点接地，否则会由于地中电流引起继电保护误动。

1. 电流互感器的极性

当电流互感器应用到方向性继电保护装置中时，必须明确电流互感器的极性，只有在电流互感器的极性连接得正确无误时，保护才能正确可靠动作。

电流互感器一次绕组和二次绕组之间的极性，在继电保护中习惯用减极性原则标注，即当一、二次绕组中同时由同极性端子通入电流时，它们在铁芯中产生磁通的方向应相同。如图 2-14 (a) 所示的接线中， L_1 和 K_1 为同极性端子（ I_2 和 K_2 也为同极性端子）。标注电流互感器极性的方法是用不同文字附以相同的注脚或同一字符的大小写来表示同极性端子，如 L_1 、 K_1 ； A 、 a 等，当只需要标出相对极性关系时也可以在同极性端子上注以星号（“*”），如图 2-14 (b) 所示。