



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DIANLI XITONG JIDIANBAOHU
YUANLI JI YUNXING

电力系统继电保护 原理及运行

张沛云 主 编 ●

高广玲 战 杰 副主编 ●



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电路基础与实践

电路CAD

电工学（第三版）

电工技术及应用

电子设计自动化（第二版）

应用电子技术实训

电力电子技术（第三版）

电机学（第三版）

电机运行与检修

电机及拖动基础

电力系统基础

电力系统分析

电力系统继电保护

电力系统继电保护及二次回路（第二版）

电力系统继电保护原理及运行

变配电所二次系统（第三版）

变电站综合自动化技术（第三版）

变电站综合自动化实训指导

高电压技术（第三版）

输电线路施工（第三版）

供用电网络及设备（第三版）

电气设备运行与维护

工厂电器与供电（第三版）

供配电技术

用电检查（第三版）

电能计量（第三版）

用电营业管理

自动控制原理（第二版）

单片机技术与应用

李元庆

贾海瀛

王浩

孙爱东

张永生

朱传琴

袁燕

叶水音

谢胜利

莫莉萍

侯卓生

连小洲

张建中

沈诗佳

张沛云

阎晓霞

路文梅

杨利水

常美生

王清葵

李俊

吴靓

胡光甲

王艳华

吴新辉

王月志

李璐新

张志钢

张晓峰

中国电力出版社教材中心

教材网址 <http://jc.cepp.sgcc.com.cn>

服务热线 010-63412706 63412548

ISBN 978-7-5123-2155-7



9 787512 321557 >

定价：23.00 元



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

DIANLI XITONG JIDIANBAOHU
YUANLI JI YUNXING

电力系统继电保护 原理及运行

主 编 张沛云
副主编 高广玲 战 杰
编 写 何登森 张正茂 林桂华
主 审 李晓明



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

本书共分八章，主要包括继电保护基础、线路阶段式电流保护、线路阶段式距离保护、线路全线速动保护、线路微机保护装置及测试、变压器保护技术与应用、发电机保护技术与应用、母线保护应用。为便于复习和巩固，在每章后附有思考题与习题。

本书可作为高职高专院校电力技术类专业及其相关专业的教材，也可作为电气工程技术人员岗位培训教材或参考书。

图书在版编目（CIP）数据

电力系统继电保护原理及运行/张沛云主编. —北京：中国电力出版社，2011.9

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-2155-7

I. ①电… II. ①张… III. ①电力系统—继电保护—高等职业教育—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 197490 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 11 月第一版 2011 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 327 千字

定价 23.00 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

本书是根据高等职业教育教学改革的目标和电力技术类专业的人才培养需求，按照普通高等教育“十二五”规划教材的要求而编写的。本书着重阐述继电保护的基本概念、基本原理和运行特性的分析方法，结合典型的线路微机保护装置介绍微机保护测试仪的使用方法和微机保护的测试方法，理论联系实际，突出实践性，便于读者理解继电保护原理和建立工程实践的概念，具有较强的实用性。本书在附录中介绍了单侧电源与双侧电源电网故障仿真结果，将故障与保护联系起来，使读者深入理解继电保护的工作过程。

本书中第1、2、6、8章由张沛云编写，第3章和附录由战杰编写，第4章由高广玲编写，第5章由何登森和林桂华编写，第7章由张正茂编写，全书由张沛云担任主编并负责统稿，高广玲、战杰担任副主编。

本书由山东大学李晓明教授主审，李晓明教授认真审阅了全稿，并提出许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参阅了许多正式出版的文献资料和相关单位的技术资料，在此一并表示感谢。

限于编者水平，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2011年8月

目 录

前言

第1章 继电保护基础	1
1.1 继电保护的任務	1
1.2 对继电保护的基本要求	2
1.3 继电保护的基本原理及构成	4
1.4 继电器	7
1.5 微机保护概述	11
1.6 继电保护的发展概况	17
思考题与习题	18
第2章 线路阶段式电流保护	19
2.1 阶段式电流保护	19
2.2 阶段式方向电流保护	30
2.3 线路接地保护	39
思考题与习题	51
第3章 线路阶段式距离保护	53
3.1 距离保护的基本原理	53
3.2 阻抗继电器及其动作特性	57
3.3 距离保护的整定计算与对距离保护的评价	60
3.4 距离保护的振荡闭锁	66
3.5 距离保护特殊问题的分析	72
3.6 工频故障分量阻抗继电器与 R-L 模型算法	75
思考题与习题	77
第4章 线路全线速动保护	79
4.1 线路纵联保护概述	79
4.2 线路纵联电流差动保护	80
4.3 线路高频保护概述	86
4.4 高频闭锁方向保护	90
4.5 相差高频保护	93
思考题与习题	97
第5章 线路微机保护装置及测试	98
5.1 线路微机保护装置的硬件构成	98
5.2 线路微机保护装置的原理	101
5.3 微机继电保护测试仪简介	109
5.4 线路微机保护检验	113

思考题与习题	126
第 6 章 变压器保护技术与应用	127
6.1 变压器故障和不正常运行状态及其保护	127
6.2 变压器的瓦斯保护	128
6.3 变压器的纵差动保护	130
6.4 变压器相间短路的后备保护	136
6.5 变压器接地短路的后备保护	140
6.6 过负荷保护	143
6.7 过励磁保护	144
思考题与习题	144
第 7 章 发电机保护技术与应用	145
7.1 发电机故障和不正常工作状态及其保护	145
7.2 发电机纵联差动保护	146
7.3 发电机定子绕组匝间短路保护	150
7.4 发电机定子绕组单相接地保护	154
7.5 发电机励磁回路接地保护	157
7.6 发电机失磁保护	160
7.7 发电机负序电流保护	164
7.8 发电机—变压器组保护的特点及其配置	166
思考题与习题	170
第 8 章 母线保护应用	171
8.1 母线故障和装设母线保护的基本原则	171
8.2 母线完全电流差动保护	173
8.3 元件固定连接的双母线完全电流差动保护	174
8.4 母联电流相位比较式母线保护	176
8.5 断路器失灵保护	178
思考题与习题	179
附录 线路故障仿真结果	180
参考文献	209

第1章 继电保护基础

【任务】

- (1) 明确继电保护的“四性”。
- (2) 学会测试继电器特性的方法。

【知识点】

- (1) 继电保护的的任务，对继电保护的基本要求。
- (2) 电磁型继电器的作用。
- (3) 微机保护的构成、特点。

【目标】

- (1) 熟练掌握继电保护的的任务、对继电保护的基本要求。
- (2) 掌握主保护、后备保护、近后备和远后备的概念。
- (3) 掌握电磁型继电器的作用。
- (4) 掌握微机保护的构成、特点。

1.1 继电保护的的任务

1.1.1 继电保护的概念和作用

电力系统是电能生产、变换、输送、分配和使用的各种电气元件按照一定的技术与经济要求有机组成的一个联合系统。电力系统中的各电气元件之间存在着电或磁的联系，当某一个元件发生故障时，在极短的时间内就会影响到整个系统。为了防止事故扩大，保证非故障部分仍能可靠地供电，维持电力系统运行的稳定性，必须在几十毫秒的时间内切除故障。显然，在这样短的时间内，由运行人员来发现故障元件并将故障元件切除是无法做到的，要完成这样的任务，只有借助于继电保护装置。

继电保护装置是指能反应电力系统中电气元件（如发电机、变压器、输电线路、母线、电动机等）发生故障或不正常运行状态，并动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。

在电力系统中，继电保护一词常常用来泛指继电保护技术和继电保护系统。继电保护技术主要包括继电保护的原理及实现方法、配置及整定、安装调试、运行维护、事故处理等技术。继电保护系统则由各种继电保护装置及其附属设备组成。继电保护技术是一个完整的体系，而完成继电保护功能的核心是继电保护装置。

继电保护是一种电力系统安全保障技术。它的作用是在全系统范围内，按指定分区实时地检测各种故障和不正常运行状态，快速及时地采取故障隔离或告警等措施，最大限度地维持系统的稳定、保证供电的连续性、保障人身的安全、防止或减轻设备的损坏。继电保护是

电力系统必不可少的组成部分，它对保障系统安全运行、保证电能质量、防止故障扩大和事故发生起到了重要作用。

1.1.2 继电保护的任務

1. 电力系统的故障和不正常运行状态

电力系统的故障是指电气元件发生短路、断线、短路加断线的情况。最常见最危险的故障是各种类型的短路，短路是指相与相之间的短接、相与地之间的短接、电机和变压器同一相绕组不同线匝之间的短接。短路的基本类型包括三相短路、两相短路、两相接地短路、单相接地短路、匝间短路。

短路可能引起的后果有以下几方面。

- (1) 很大的短路电流在故障点燃起的电弧使故障元件损坏。
- (2) 短路电流流过非故障元件，产生热效应和电动力效应，损坏非故障元件。
- (3) 电力系统中部分地区的电压大幅度下降，使用户的正常工工作遭到破坏。
- (4) 破坏电力系统并列运行的稳定性，引起系统振荡，甚至使整个系统瓦解。

电力系统的不正常运行状态是指电气元件的正常工工作遭到破坏，运行参数偏离规定的允许值，但没有形成故障，例如电气设备的过负荷，功率缺额引起的系统频率降低，发电机突然甩负荷产生的过电压，系统振荡等。电流超过额定值引起的过负荷，使电气设备的载流部分和绝缘材料的温度不断升高，加速绝缘的老化和损坏，若不及时处理，就有可能发展成故障。

故障和不正常运行状态若处理不当，都可能引起事故。事故，是指整个电力系统或其中一部分的正常工工作遭到破坏，造成对用户少送电或电能质量降低到不允许的程度，甚至造成人身伤亡或电气设备损坏的事件。

电力系统发生的事故，除了自然条件的因素外，一般都是设备制造上的缺陷、设计和安装的错误、检修质量不高或运行维护不当引起的。因此，为了减少事故的发生，一方面应该加强对设备的维护和检修，在各个环节上加强管理；另一方面，要充分发挥继电保护装置的作用。

2. 继电保护的任務

继电保护的基本任务有以下两方面。

- (1) 当电力系统出现故障时，继电保护装置应能自动、快速、有选择性地將故障元件从系统中切除，使故障元件免于继续遭到损坏，保证系统非故障部分迅速恢复正常运行。
- (2) 当电力系统出现不正常运行状态时，继电保护装置应能及时反应，并根据运行维护条件，发出告警信号，或减负荷，或延时跳闸。

继电保护装置是电力系统的一种反事故自动装置。电力系统正常运行时，继电保护装置只是实时监视电力系统中各个元件的运行状态，一旦出现故障或不正常运行状态，继电保护装置就会迅速动作，实现故障隔离和告警，保障电力系统的安全。继电保护装置是电力系统自动化的重要组成部分，是保证电力系统安全运行的重要措施之一，在现代化的电力系统中是维持系统正常工工作必不可少的重要设备。

1.2 对继电保护的基本要求

对作用于跳闸的继电保护装置，在技术上应满足四个基本要求，即选择性、速动性、灵

敏性、可靠性。

1.2.1 选择性

选择性是指电力系统故障时，继电保护装置动作，仅切除故障元件，尽量缩小停电范围，使系统的非故障部分继续运行。

如图 1-1 所示单侧电源网络，各断路器处装有相应的保护，当线路 AB 上 k1 点短路时，保护 1 和保护 2 动作，跳开断路器 QF1 和 QF2，切除故障，此时，母线都不会停电。当线路 BC 上 k2 点短路时，保护 5 动作，跳开断路器 QF5，切

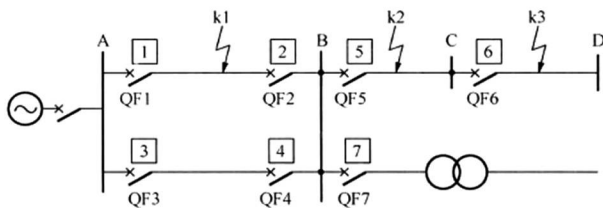


图 1-1 保护选择性动作说明图

除故障，只有 C、D 母线停电。当线路 CD 上 k3 点短路时，保护 6 动作，跳开断路器 QF6，切除故障，只有 D 母线停电。上述保护的動作都是有选择性的，使停电的范围最小。若线路 CD 上 k3 点短路时，保护 5 动作，跳开断路器 QF5，这时，C、D 母线都停电，保护 5 属于无选择性动作。

对继电保护动作有选择性的要求，还需要考虑继电保护装置或断路器由于自身故障等原因而拒绝动作的可能性。如图 1-1 所示，当线路 CD 上 k3 点短路时，应该由保护 6 动作，切除故障，但由于某种原因，保护 6 或断路器 QF6 拒动，此时只好利用保护 5 动作，跳开断路器 QF5，切除故障，这时，保护 5 起到了后备作用，它的动作是有选择性的。

一般地，电气元件上装设的反应短路故障的保护通常分为主保护和后备保护。主保护是指反应被保护元件自身故障，并能按要求快速切除故障的保护。后备保护是指主保护或断路器拒动时起作用的保护。后备保护又有近后备和远后备之分。

近后备保护是主保护拒动时，由电气元件本身的另一套保护实现后备保护的方式；当断路器拒动时，由同一发电厂或变电所内的有关断路器动作，实现后备的方式。远后备保护是主保护或断路器拒动时，由相邻元件的保护来实现后备。

在图 1-1 中，保护 5 起到的后备作用是远后备，即保护 5 是线路 CD 的远后备保护。

实现远后备保护简单、经济，且对相邻元件的保护或断路器拒动都能起到后备作用，因此，应当优先采用。当实现远后备保护有困难时，才采用近后备保护。采用近后备保护时，应装设断路器失灵保护，当断路器失灵拒动时，失灵保护动作于切除故障。

1.2.2 速动性

速动性是指继电保护装置动作的时间应尽量短。

电力系统出现故障时，切除故障的时间包括继电保护装置的动作时间和断路器的跳闸时间。保护装置动作速度快，可缩短故障切除时间。快速切除故障，可以减小故障元件的损坏程度，缩短用户在低电压下的工作时间，提高系统并列运行的稳定性。但是不能片面追求保护的快速动作，因为速动而又有选择性的保护，一般都较复杂，而且价格较高，因此应根据电力系统的实际，按系统稳定性要求和继电保护整定配合的要求来确定保护的動作时间。对中、低压电气元件，不一定都采用快速动作的保护。一些必须快速切除的故障有以下几种。

(1) 根据维持系统稳定的要求，必须快速切除的高压输电电路上发生的故障。

- (2) 使发电厂或重要用户的母线电压低于允许值（一般为 0.7 倍额定电压）的故障。
- (3) 大容量的发电机、变压器以及电动机内部发生的故障。
- (4) 中、低压线路导线截面过小，为避免过热不允许延时切除的故障。
- (5) 可能危及人身安全、对通信系统或铁道信号系统有强烈干扰的故障。

一般的快速保护的动作为 0.06~0.12s，最快的可达 0.01~0.04s；一般的断路器的动作为 0.06~0.15s，最快的可达 0.02~0.06s。

1.2.3 灵敏性

灵敏性是指继电保护装置对其保护范围内发生的故障或不正常运行状态的反应能力。

满足灵敏性要求的保护装置对于规定的保护范围内的故障，不论短路点的位置、短路类型如何，均能正确反应。保护装置的灵敏性通常用灵敏系数 (K_{sen}) 来衡量，在 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》（以下简称规程）中，对各类保护的灵敏系数都作了规定，对于各种保护灵敏系数的计算，将在后续章节中分别讨论。

1.2.4 可靠性

可靠性是指在继电保护装置规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时可靠动作，即不拒动；而在任何其他该保护不应该动作的情况下可靠不动作，即不误动。通常称不误动的可靠性为“安全性”，称不拒动的可靠性为“可信赖性”。

可靠性主要是针对继电保护装置本身的质量和运行维护水平而言的。一般说来，继电保护装置的原理方案越周全，结构设计越合理，所用元器件的质量越好，制造工艺越精良，内外接线越简明，回路中继电器的触点数量越少，继电保护装置工作的可靠性就越高。同时，正确的安装和接线、严格的调整和试验、精确的整定计算和操作、良好的运行维护和丰富的运行经验等，对于提高保护运行的可靠性也具有重要的作用。

上述四个基本要求，也称继电保护的“四性”，对动作于跳闸的继电保护，都应同时满足，但是这个满足只能是相对的。因为在四个性能的要求之间，存在着矛盾。如速动性和选择性较高的保护，往往接线和技术都比较复杂，可靠性就较低；为了提高保护的灵敏性，将增加其误动作的可能性，从而降低了可靠性；为了求得选择性，往往要降低速动性。为此，必须从电力系统的实际情况出发，适当处理这些矛盾关系，使得继电保护能全面满足这四个要求。

此外，在选择继电保护装置时，尚需考虑经济性。经济性首先要着眼于对整个国民经济有利，而不应局限于节省继电保护的投资。同时，对于那些次要而数量很大的电气元件，也不应装设复杂而昂贵的继电保护装置。

1.3 继电保护的基本原理及构成

1.3.1 继电保护的基本原理

为了实现继电保护的功能，它必须能够区分系统正常运行状态与故障状态或不正常运行状态之间的区别。

电力系统发生短路故障时，电气量变化的主要特征如下。

- (1) 电流增大。短路电流大大超过额定负荷电流。

(2) 电压降低。故障点附近母线上的残余电压低于额定电压。

(3) 电压与电流之间的相位角发生变化。正常运行时，同相电压与电流间的相位角为负荷功率因数角，约为 20° ；三相金属性短路时，同相电压与电流间的相位角为线路阻抗角，对架空线路约为 $60^\circ \sim 85^\circ$ 。

(4) 测量阻抗发生变化。测量阻抗是指保护安装处电压与电流之比。正常运行时，测量阻抗是负荷阻抗；金属性短路时，它变为线路短路回路的阻抗，阻抗值降低，阻抗角增大。

(5) 出现负序和零序分量。正常运行时，系统中只有正序分量；发生不对称故障时，将出现负序和零序分量。

根据电流、电压、阻抗等的变化，可区分是正常运行还是故障状态。利用故障时这些电气量的变化特征，可以构成各种不同原理的继电保护。利用故障时电流升高的特征可以构成过电流保护。利用故障时电压降低的特征可以构成低电压保护。利用故障时测量阻抗降低的特征可以构成距离保护。对于双侧电源供电网络，在被保护元件内部和外部短路时，利用两端电流相量的差别可以构成纵联电流差动保护，利用两端功率方向的差别可以构成方向高频保护，利用两端电流相位的差别可以构成相差高频保护等。

根据电气元件出现不正常运行状态时电气量的变化，可以构成反应不正常运行情况的各种继电保护，如过负荷保护。

另外，还可以实现反应非电量的保护，如变压器的瓦斯保护。

各种不同原理的保护，以下文中将分别讨论。

1.3.2 继电保护装置的构成

1. 模拟式继电保护装置

20 世纪 80 年代前应用的常规继电保护装置都属于模拟式继电保护装置，包括机电型和静态型保护装置。模拟式继电保护装置处理的信号是模拟信号，一般都是由测量部分、逻辑部分、执行部分三个主要部分组成，如图 1-2 所示。



图 1-2 模拟式继电保护装置的构成

测量部分的作用是测量被保护元件的某些运行参数，并与保护整定值进行比较，以判断被保护元件是否发生故障或出现不正常运行状态。逻辑部分用来对测量信号进行综合判断，确定保护的动作情况，即根据测量部分输出信号的性质、输出的逻辑状态，使保护装置按照一定的逻辑关系判断故障的类型和范围，最后确定是否使断路器跳闸或发出信号，并将有关命令传送给执行部分。执行部分根据逻辑部分判断的结果，执行保护的任务，发出跳开断路器的跳闸脉冲及相应的动作信息，发出告警信号或不动作。

下面以图 1-3 所示的过电流保护为例，说明继电保护装置的构成及工作原理。

测量回路由电流互感器 TA 的二次绕组连接电流继电器 KA 组成。正常运行时，通过保护元件的电流是负荷电流，小于电流继电器的动作电流，电流继电器不动作，其触点不闭合。当线路发生短路故障时，流经电流继电器的电流大于继电器的动作电流，电流继电器动

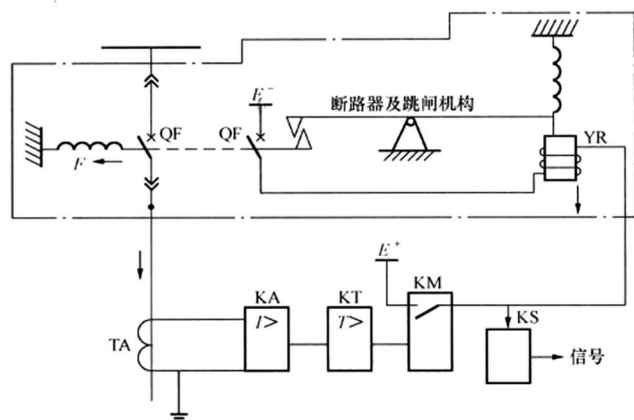


图 1-3 过电流保护装置单相原理接线图

2. 数字式继电保护装置

20 世纪 80 年代后发展起来的微机型继电保护装置属于数字式继电保护装置，它是利用计算机技术处理数字信号的保护。微机型继电保护装置由硬件部分和软件部分组成。硬件部分是指由各种电子元器件构成的电子电路，它是软件运行的平台。软件部分是指计算机的程序，它按照保护原理和功能的要求对硬件进行控制，完成数据采集、数字运算和逻辑判断、动作指令执行、外部信息交换等各项操作。

微机型继电保护装置硬件部分原理框图如图 1-4 所示。

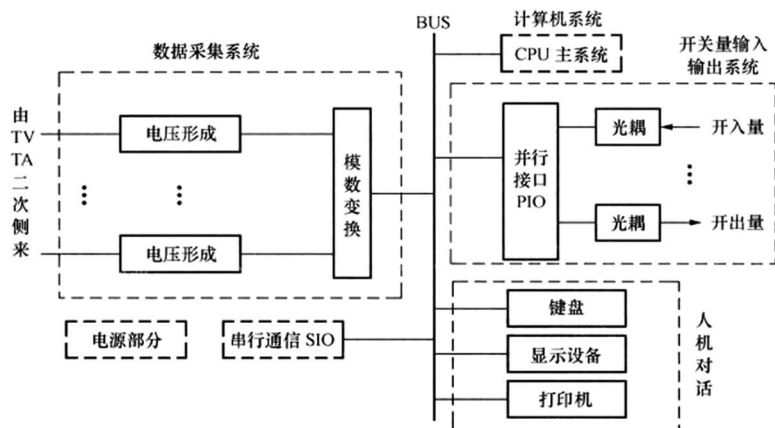


图 1-4 微机型继电保护装置硬件部分原理框图

被保护元件的模拟量经电流互感器和电压互感器输入到模拟量输入通道。由数据采集系统将模拟量转换为数字量然后送入计算机系统进行运算处理，判断是否发生故障，通过开关量输出通道输出，经光电隔离电路送到出口继电器，向断路器发出跳闸脉冲，使断路器跳闸。

人机对话接口部分用于对装置进行人工操作、进行调试和得到反馈信息，外部通信接口部分用于提供计算机通信网和远程通信网的信息通道。

1.4 继电器

1.4.1 继电器的分类

继电器是一种能自动执行断续控制的器件，当其输入量达到一定值时，能使输出回路的被控制量发生预计的变化，具有对被控电路实现“通”、“断”控制的作用。

继电器按照动作原理可分为电磁型、感应型、整流型、晶体管型、集成电路型、微机型等，按照反应的物理量可分为电流继电器、电压继电器、功率方向继电器、阻抗继电器和频率继电器等，按照它在保护回路中所起的作用可分为起动继电器、时间继电器、中间继电器、信号继电器和出口继电器等。

对继电器的基本要求是工作可靠，动作值误差小，功率损耗小，动作迅速，热稳定、动稳定性好，抗干扰能力强；另外还要求继电器安装调试容易、运行维护方便、价格便宜等。

继电器的图形符号见表 1-1。

表 1-1 继电器的图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
电流继电器		反时限电流继电器	
电压继电器		气体（瓦斯）继电器	
功率方向继电器		继电器及接触器线圈	
阻抗继电器		动合触点	
差动继电器		动断触点	
时间继电器		延时闭合的动合触点	
信号继电器		延时闭合的动断触点	
中间继电器		信号继电器的动合触点	
		断路器	
		隔离开关	

1.4.2 电磁型继电器

1. 电磁型继电器基本结构

电磁型继电器基本结构形式有螺管线圈式、吸引衔铁式、转动舌片式三种,如图 1-5 所示,主要由电磁铁、可动衔铁、线圈、触点、反作用弹簧和止挡构成。

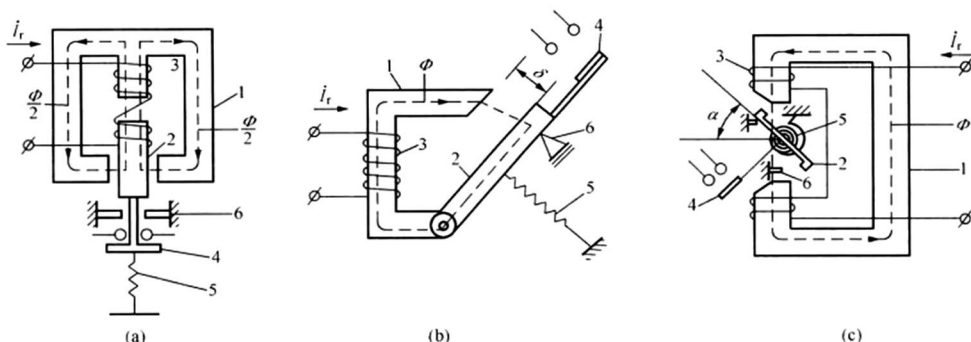


图 1-5 电磁型继电器的结构

(a) 螺管线圈式; (b) 吸引衔铁式; (c) 转动舌片式

1—电磁铁; 2—衔铁 (Z 型舌片); 3—线圈; 4—触点; 5—弹簧; 6—止挡

2. 电磁型继电器基本工作原理

电磁型继电器是利用电磁感应原理工作的,下面以吸引衔铁式为例,说明其工作原理。

当继电器线圈中通入电流 $\dot{I}_r$ 时,在铁芯中产生磁通 Φ , Φ 经铁芯、空气隙和衔铁构成闭合磁路,衔铁被磁化后,产生电磁力 F 和电磁力矩 M_e ,当 $\dot{I}_r$ 足够大时,电磁力矩足以克服弹簧的反作用力矩,衔铁被吸向电磁铁,动合触点闭合,继电器动作。

电磁力矩与电流平方成正比,与通入线圈中电流方向无关。

1.4.3 电磁型电流、电压继电器

1. 电流继电器 KA

电磁型电流继电器在电流保护中用作测量和起动元件,它是反应被保护元件电流升高超过某一整定值而动作的继电器。通常采用转动舌片式结构,具有一对动合触点 (也称常开触点)。所谓动合触点是指继电器线圈没带电时打开的触点,继电器动作后闭合。

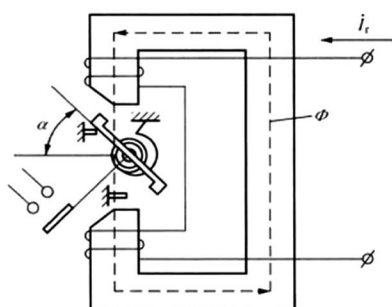


图 1-6 电磁型电流继电器基本结构

电磁型电流继电器基本结构如图 1-6 所示。当其线圈通以电流 $\dot{I}_r$ 时,产生电磁力矩,即

$$M_e = K_1 \Phi^2 = K_1 \frac{W^2 I_r^2}{R_m} = K_2 I_r^2 \quad (1-1)$$

其中,磁通 Φ 与电流 $\dot{I}_r$ 在绕组中产生的磁动势 WI_r 和磁阻 R_m 有关。当电磁力矩满足 $M_e \geq M_s + M_f$ (M_s 为弹簧的反作用力矩, M_f 为摩擦力矩) 时,继电器就动作。使电流继电器动作、动合触点闭合的最小电流称为电流继电器的动作电流,用 I_{op} 表示。当

电磁力矩满足 $M_e \leq M_s - M_f$ 时, 继电器返回。使电流继电器返回、动合触点打开的最大电流称为电流继电器的返回电流, 用 I_{re} 表示。继电器的返回电流与动作电流的比值称为返回系数, 用 K_{re} 表示, 即

$$K_{re} = \frac{I_{re}}{I_{op}} \quad (1-2)$$

由于摩擦力矩和剩余力矩的作用, 使电磁型电流继电器的返回系数小于 1。在实际应用中, 要求有较高的返回系数, 如 0.85~0.9。

DL-10 系列电流继电器如图 1-7 所示。动作电流的调整方法如下。

(1) 改变弹簧力矩。增大弹簧力矩, 弹簧旋紧则 I_{op} 增大 (整定把手逆时针转); 减小弹簧力矩, 弹簧旋松则 I_{op} 减小 (整定把手顺时针转)。

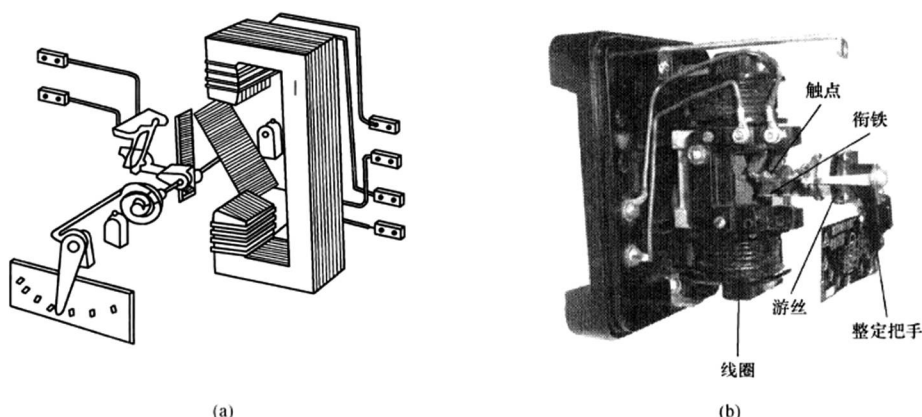


图 1-7 电磁型电流继电器
(a) 结构图; (b) 实物图

(2) 改变两个线圈的连接方式。整定把手在某一刻度时, 线圈并联时的动作电流是串联时的 2 倍。

2. 电压继电器 KV

电磁型电压继电器分为低电压继电器和过电压继电器, 过电压继电器的工作情况及参数与过电流继电器类似, 这里不作具体介绍, 着重介绍低电压继电器。

电磁型低电压继电器是反应被保护元件电压降低而动作的一种继电器。它也是采用转动舌片式结构, 它一般具有一对动合触点和一对动断触点 (也称常闭触点)。电压继电器作为测量元件, 它的作用是测量被保护元件所接入的电压大小并与其整定值比较, 决定是否动作。电压继电器电磁力矩与所加入的电压之间关系为

$$M_e = K' I_r^2 = K' \frac{U_r^2}{Z_r^2} = K U_r^2 \quad (1-3)$$

低电压继电器一般使用的是动断触点, 动断触点是指不加入电压时其触点是闭合的。电力系统正常运行时, 电压较高, 加入继电器的电压是系统的额定电压, 这时继电器的动断触点打开; 当发生故障时电压降低, 继电器的动断触点闭合。低电压继电器的动作电压 U_{op} 是指能使低电压继电器动作、动断触点闭合的最大电压。返回电压 U_{re} 是指低电压继电器动作后能使之返回、动断触点打开的最小电压。返回系数 K_{op} 是指返回电压和动作电压的比值,

其值大于1。

1.4.4 电磁型辅助继电器

1. 时间继电器 KT

时间继电器是辅助继电器，结构如图1-8所示，它由一个电磁机构和一个钟表机构构成，电磁机构采用螺杆线圈式结构。由于保护的操作电源一般采用直流电源，因此时间继电器多为电磁式直流继电器。

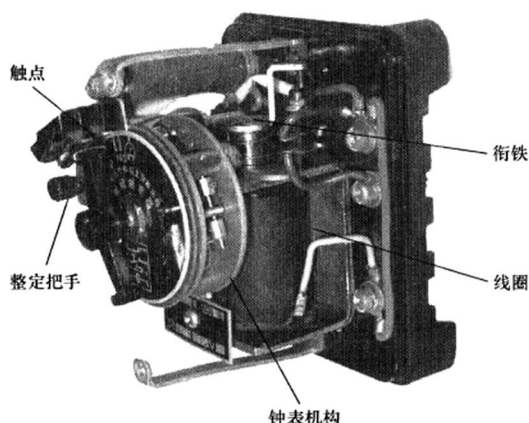


图 1-8 电磁型时间继电器

时间继电器的作用是建立保护所需要的延时时间。它的参数主要是动作电压和动作时间，一般情况下其动作电压都能满足要求，因此主要要求是动作时间的准确性。时间继电器的动作时间是指，从激励量变化至规定值的瞬间起至继电器输出信号的瞬间止所经历的时间间隔。

当螺管线圈加上规定值的电压时，电磁力克服弹簧力将衔铁吸入线圈，连杆被释放，同时上紧钟表机构的发条，钟表机构带动可动触点，反时针匀速转动，经整定的延时，动、静触点接触，继电器动作，输出信号。改变动、静触点间的距离可以改变继电器的整定时限。当电压消失时，弹簧将衔铁与连杆顶回原位，继电器返回。返回时，连杆带动轴系顺时针旋转，脱离了钟表机构的控制。因此返回是瞬时的。

时间继电器一般具有一对瞬时动作的动合触点（瞬动触点）、一对延时闭合的动合触点（延时触点）。根据不同的要求，有的时间继电器还带有一对滑动延时动合触点。

使用时间继电器时应注意，为了缩小时间继电器的尺寸，继电器的线圈一般按短期通电设计。当需要长期加入电压时，在接线中要保证当继电器一旦起动就将一附加电阻串入继电器线圈回路，以保证继电器的热稳定。

2. 信号继电器 KS

信号继电器是辅助继电器，一般是吸引衔铁式结构。由于保护的操作电源一般采用直流电源，因此信号继电器多为电磁式直流继电器。

信号继电器的作用是，当保护装置动作时对继电器或保护装置所处状态给出明显标示，或接通灯光和音响回路，记忆保护装置的动作情况，以便分析保护动作行为和电力系统故障性质。

3. 中间继电器 KM

中间继电器作为辅助继电器，为吸引衔铁式结构，其在保护装置中用来扩展前级继电器触点对数或触点容量。这种继电器一般都带有多对触点，有动合触点也有动断触点，触点的数目多、容量大，一般用于保护逻辑回路和出口回路。

中间继电器触点可以瞬时动作，也可以带有较小时间动作或延时返回。