

电力系统继电保护 运行与调试

DIANLI XITONG JIDIAN BAOHU
YUNXING YU TIAOSHI

主 编 任晓丹 李蓉娟

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电力系统继电保护运行与调试

主 编 任晓丹 李蓉娟

副主编 张 帆 唐晓明 孟建平

参 编 贺 敬 王晓蓉 麻桃花 党书超

主 审 董学斌 马占丽



 **北京理工大学出版社**
BEIJING | ... TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书着重阐述电力系统继电保护和自动装置的基本原理与运行特性分析的基本方法,并介绍了继电保护新技术和新发展,对微机继电保护进行了较深入的介绍和分析。

本书共分6个项目16个工作任务,包括项目一输电线路阶段式电流保护构成与运行,项目二输电线路阶段式距离保护构成与运行,项目三输电线路全线速动保护构成与运行,项目四电力系统主设备继电保护构成与运行,项目五电力系统安全自动装置构成与运行和项目六微机保护装置及测试。

本书可作为高等院校电力系统自动化技术类专业及相关专业的教材,同时也可作为电力行业技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护运行与调试/任晓丹,李蓉娟主编. —北京:北京理工大学出版社,2014.6

ISBN 978-7-5640-8921-4

I. ①电… II. ①任… ②李… III. ①电力系统—继电保护运行—高等学校—教材
②电力系统—继电保护—调试方法—高等学校—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第038347号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中华美凯印刷有限公司

开 本/710毫米×1000毫米 1/16

印 张/22.25

字 数/372千字

版 次/2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

定 价/69.00元

责任编辑/张慧峰

文案编辑/李炳泉

责任校对/周瑞红

责任印制/王美丽

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

PREFACE

《电力系统继电保护运行与调试》一书，是电力系统自动化技术专业的核心课程教材，本书全面介绍发电厂和电力系统二次设备保护、检测与测量，使学生掌握电力系统中输配电线路、变压器、发电机、母线、电动机等设备的继电保护的工作原理及常用自动装置的基本工作原理；具备进行继电保护装置的配置、初步整定计算和基本调试能力；学会阅读继电保护及自动装置的原理图和展开图、逻辑框图，为电力企业的生产与管理岗位培养具有电力系统继电保护、二次回路及自动装置的设计、安装、检验、调试、运行、维护、管理及局部整定计算能力的高端技能型人才。

本书内容由 6 个项目 17 个工作任务组成，以企业工作任务驱动课程教学，每个任务结合具体工作任务和工作过程，通过任务的完成，学习电力系统继电保护运行与调试专业知识，为获得继电保护工等中级职业资格证书及学生毕业后从事发电厂与变电站运行、安装和检修工作奠定坚实的基础。

本书由任晓丹、李蓉娟担任主编，由张帆、唐晓明、孟建平担任副主编。其中，项目一和项目二由任晓丹撰写，项目三由唐晓明撰写，项目四由张帆撰写，项目五由李蓉娟撰写，项目六由孟建平撰写。

本书由董学斌和马占丽主审，参加编写工作的还有贺敬、王晓蓉、麻桃花、范哲超等老师，他们对本书的编写工作提出了许多宝贵的意见和建议，

在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，疏漏及不足之处在所难免，请广大读者批评指正。

编著者

2014 年 1 月

目 录

CONTENTS

项目一	输电线路阶段式电流保护构成与运行	1
任务一	继电保护装置常用元件与调校	1
任务二	三段式电流保护构成与运行	22
任务三	方向电流保护构成与运行	41
任务四	接地保护构成与运行	61
项目二	输电线路阶段式距离保护构成与运行	89
任务一	距离保护构成与阻抗继电器动作特性	89
任务二	距离保护整定计算与对距离保护的评价	106
项目三	输电线路全线速动保护构成与运行	122
任务一	差动保护构成与运行	122
任务二	高频保护构成与运行	138
项目四	电力系统主设备继电保护构成与运行	162
任务一	电力变压器保护构成与运行	162
任务二	同步发电机保护构成与运行	182
任务三	母线保护构成与运行	194
任务四	双母线保护	203
项目五	电力系统安全自动装置构成与运行	213
任务一	自动控制装置的构成与运行	213
任务二	无功功率自动调节装置构成与运行	241

项目六 微机保护装置与测试 270

 任务一 微机保护软硬件安装与调试 270

 任务二 线路微机保护装置与测试 289

 任务三 电力系统主设备微机保护装置与测试 303

附录 328

 附录 A 变电站(发电厂)倒闸操作票 329

 附录 B 变电站(发电厂)第一种工作票 330

 附录 C 电力电缆第一种工作票 334

 附录 D 变电站(发电厂)第二种工作票 339

 附录 E 电力电缆第二种工作票 342

 附录 F 变电站(发电厂)带电作业工作票 345

 附录 G 变电站(发电厂)事故应急抢修单 348

 附录 H 二次工作安全措施票 350

项目一

输电线路阶段式电流保护构成与运行

本项目包含四个工作任务：继电保护装置常用元件与调校、三段式电流保护构成与运行、方向电流保护构成与运行、接地保护构成与运行。

任务一 继电保护装置常用元件与调校

引言

电力系统继电保护是由各种类型继电器、互感器等组成，如在继电保护装置中作为测量和启动元件，反映电流增大而动作的电流继电器；反映电压变化而动作的电压继电器；用于建立继电保护需要的动作延时的时间继电器；用于增加触点数量和触点容量的中间继电器；用于发出继电保护动作信号，便于值班人员发现事故和统计继电保护动作次数的信号继电器等。由于各种保护功能的实现都依赖于这些元器件，因此继电保护装置常用元件与调校被列为必修项目。

学习目标

继电器工作原理与继电器工作过程。

过程描述

- (1) 教师下发项目任务书，描述任务学习目标。
- (2) 教师通过图片、动画、录像等讲解本次任务中保护的原理。
- (3) 通过现场试验设备演示继电保护测试仪使用方法。
- (4) 学生进行继电保护测试仪的认识，查阅保护原理和调试指导书，学生根

据任务书要求,收集有关调试规程、职业工种要求、装置说明书等资料,根据获得的信息进行分析讨论。

过程分析

为了达到继电器试验的标准要求,试验的各项操作必须严格按照国家电网公司电力安全工作规程操作。

(1) 以电磁型电流继电器调校试验为例。外壳与底座间的接合应牢固、紧密,外罩应完好,继电器端子接线应牢固可靠。转轴纵向和横向的活动范围不得大于 0.15 mm,舌片动作时不应与磁极相碰,且上下间隙应尽量相同,舌片上下端部弯曲的程度亦相同,舌片的起始和终止位置应合适,舌片活动范围为 7° 左右。刻度盘把手固定可靠,当把手放在某一刻度值时,应不能自由活动。继电器螺旋弹簧的平面应与转轴严格垂直,弹簧由起始位置转至刻度最大位置时,其层间不应彼此接触且应保持相同的间隙。动接点桥与静接点桥接触时所交的角度应为 $55^\circ \sim 65^\circ$,且应在距静接点首端约 $1/3$ 处开始接触,并在其中心线上以不大的摩擦阻力滑行,其终点距接点末端应小于 $1/3$ 。接点间的距离不得小于 2 mm,两静接点片的倾斜应一致,并与动接点同时接触,动接点容许在其本身的转轴上旋转 $10^\circ \sim 15^\circ$,并沿轴向移动 0.2~0.3 mm,继电器的静接点片装有一个限制振动的防振片,防振片与静接点片刚能接触或两者之间有一个不大于 0.1 mm 的间隙。

(2) 将继电器线圈串联,并将整定把手放在某一整定值上,合闸并增加电压,慢慢地增加继电器电流,直至继电器动作。继电器动作后,均匀地减小电压,测试继电器能否可靠返回。动作值与返回值的测量应重复三次,每次测量值与整定值误差不超过 $\pm 3\%$,否则应检查轴承和轴尖。继电器返回电流 I_{re} 与动作电流 I_{act} 的比值称为返回系数 K_{re} ,即 $K_{re} = I_{re}/I_{act}$ 。电流继电器的返回系数应不小于 0.85,当大于 0.9 时,应注意接点压力。将继电器线圈改为并联接法,按上述步骤重新进行检验。在运行中如需改变定值,除检验整定点外,还应进行刻度检验或检验所需改变的定值。用保护安装处最大故障电流进行冲击试验后,复试定值与整定值的误差不应超过 $\pm 3\%$,否则应检查可动部分的固定和调整是否有问题,或线圈内部有无层间短路等。

(3) 返回系数不满足要求时应予调整,改变舌片的起始角与终止角,调整继电器左上方的舌片起始位置限制螺杆,以改变舌片起始位置角,此时只能改变

动作电流,而对返回电流几乎没有影响,故用改变舌片的起始角来调整动作电流和返回系数。舌片起始位置离开磁极的距离越大,返回系数越小;反之,返回系数越大。

(4) 动作值的调整。调整舌片的起始位置,以改变动作值。为此,可调整左上方的舌片起始位置限制螺杆,当动作值偏小时,使舌片的起始位置远离磁极;反之,则靠近磁极。

知识链接

一、概述

1. 电力系统继电保护运行与调试的作用与任务

电力系统的发电机、变压器、母线、输电线路和用电设备通常处于正常运行状态,但也可能出现故障或不正常运行状态,故障和不正常运行状态都可能发展成系统中的事故。事故是指系统或其中一部分正常工作遭到破坏,造成少送电、停止送电或电能质量降到不允许地步,甚至造成设备损坏或人员伤亡。

电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但没有发生故障,这种情况属于不正常运行状态。例如,因负荷超过电气设备的额定值而引起的电流升高(一般又称过负荷),就是一种最常见的不正常运行状态。由于过负荷,元件载流部分和绝缘材料的温度不断升高,加速绝缘材料的老化和损坏,就可能发展成故障。故障一旦发生,必须迅速而有选择性地切除故障元件,这是保证电力系统安全运行的最有效方法之一。切除故障时间常常要求小到十分之几甚至百分之几秒。实践证明,只有在每个电气元件上装设一种具有“继电特性”的自动装置才有可能满足这个要求。

所谓继电保护装置,就是指能反映电力系统中电气元件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。由于继电保护装置最初是由机电式继电器为主构成的,故称为继电保护装置。尽管现代继电保护装置已发展成由电子元件或以微型计算机(简称微机)为主或以可编程序控制器为主构成的,但仍沿用此名称。

继电保护的任务:当电力系统被保护对象发生故障时,能自动地、迅速地、有选择地将故障元件从电力系统中切除,使故障元件损坏程度尽可能降低,并



保证该系统中非故障部分迅速恢复正常运行;当电力系统出现不正常运行状态时,根据运行维护条件的具体条件和设备的承受能力,动作于发出信号、减负荷或延时跳闸,以便值班员及时处理,或由装置自动进行调整,或将那些继续运行就会引起损坏或发展成为事故的电气设备予以切除;继电保护装置还可以与电力系统中的其他自动化装置配合,在条件允许时,采取预定措施,缩短事故停电时间,尽快恢复供电,从而提高电力系统运行的可靠性。

2. 对电力系统继电保护的基本要求

为实现其目标,作用于跳闸的继电保护装置在技术性能上必须满足以下 4 大要求。

1) 选择性

继电保护动作的选择性是指电力系统出现故障时,继电保护装置发出跳闸命令仅将故障设备切除,使停电范围尽可能减小,保证无故障部分继续运行。

在如图 1-1 所示的单侧电源网络中,母线 A、B、C 代表相应的变电所,断路器 QF1~QF7 都装有继电保护装置。

当 K_1 点短路时,应由距短路点最近的保护元件 1 和保护元件 2 动作,断路器 QF1、断路器 QF2 跳闸,将故障线路切除,变电站 B 仍可由另一条无故障的线路继续供电。而当 K_2 点短路时,保护元件(简称保护)3 动作,QF3 跳闸,切除线路 BC,此时只有变电站 C 停电。由此可见,继电保护有选择性的动作可将停电范围限制到最小,甚至可以做到不中断向用户供电。

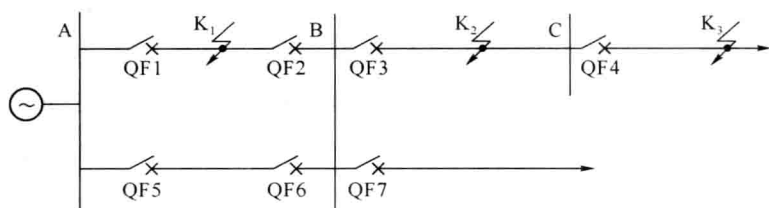


图 1-1 保护选择性说明图

在要求继电保护动作有选择性的同时,还必须考虑继电保护或断路器有拒绝动作的可能性,因而就需要考虑后备保护的问题。如图 1-1 所示,当 K_3 点短路时,距短路点最近的保护 4 本应动作切除故障,但由于某种原因,该处的继电保护或断路器拒绝动作,故障便不能消除,此时如其前面一条线路(靠近电源侧)的保护 3 能动作,故障也可消除。保护 3 作为相邻元件的后备保护。同理,

保护 1 和保护 5 又应该作为保护 3 和保护 7 的后备保护。

在继电保护的配置上有以下几个基本概念：

(1)主保护：指被保护元件内部发生各种短路故障时，能满足系统稳定及设备安全要求的、有选择地切除被保护设备或线路故障的保护。

(2)后备保护：当被保护元件主保护或断路器拒动时，用于将故障切除的保护。后备保护分近后备和远后备。近后备：主保护或断路器拒动时，由被保护对象的另一套保护实现的后备，当断路器拒绝动作时，由断路器失灵保护实现后备。远后备：主保护或断路器拒动时，由相邻元件或线路的保护实现的后备。由于远后备保护是一种完善的后备保护方式，同时它的实现简单、经济，故应优先选用。只有当远后备不能满足要求时，才考虑采用近后备保护方式。

(3)辅助保护：为补充主保护或后备保护某种性能的不足或当主保护和后备保护退出运行而增设的简单保护。

2) 速动性

速动性是指继电保护装置应以尽可能快的速度断开故障元件，提高电力系统并联运行的稳定性，减少用户在电压降低的情况下工作的时间，以及缩小故障元件的损坏程度。理论上讲，继电保护装置的動作速度越快越好，但是实际应用中，为防止干扰信号造成保护装置的误动作及保证保护间的相互配合，继电保护不得不人为地设置一个动作时限。目前，继电保护的動作速度完全能满足电力系统的要求，最快的继电保护装置的動作时间约 5 ms。

3) 灵敏性

灵敏性(灵敏度)是指电气设备或线路在被保护范围内发生故障或不正常运行情况时，保护装置的反应能力。保护装置的灵敏性通常用灵敏系数 K_{sen} 来衡量，灵敏系数越大，则保护的灵敏度就越高，反之就越低。

4) 可靠性

保护装置的可靠性包括安全性和信赖性，是对继电保护最根本的要求。所谓安全性，是要求继电保护在不需要它动作时可靠不动作，即不发生误动；所谓信赖性，是要求继电保护在规定的保护范围内发生了应该动作的故障时可靠动作，即不拒动。

继电保护装置的误动作和拒绝动作都会给电力系统造成严重的危害，但提高其不误动作的可靠性和不拒动的可靠性的措施常常是互相矛盾的。由于电力系统的结构和负荷性质的不同，误动作和拒动的危害程度有所不同，因而提

高保护装置可靠性的着重点在各种具体情况下也应有所不同,应根据电力系统和负荷的具体情况采取适当的措施。

以上 4 个基本要求是设计、配置和维护继电保护的依据,又是分析评价继电保护的基础。这 4 个基本要求之间是相互联系的,但往往又存在着矛盾。因此,在实际工作中,要根据电网的结构和用户的性质,辩证地进行统一。

3. 电力系统继电保护的发展简史

继电保护的发展是随着电力系统和自动化技术的发展而发展的。首先出现了反应电流超过一预定值的过电流保护。熔断器就是最早的、最简单的过电流保护,这种保护方式至今仍广泛应用于低压线路和用电设备。由于电力系统的发展,用电设备的功率、发电机的容量不断增大,发电厂、变电站和供电网的结构不断复杂化,电力系统中正常工作电流和短路电流都不断增大,熔断器已不能满足选择性和快速性的要求,于是出现了作用于专门的断流装置(断路器)的过电流继电器。19 世纪 90 年代,出现了装于断路器上并直接作用于断路器的一次式(直接反应于一次短路电流)的电磁型过电流继电器。20 世纪初,继电器才开始广泛应用于电力系统的保护。这个时期可认为是继电保护技术发展的开端。

从 20 世纪 50 年代到 20 世纪 90 年代末,在 40 多年的时间里,继电保护完成了发展的 4 个阶段,即从电磁式继电保护装置到晶体管式继电保护装置,到集成电路继电保护装置,再到微机继电保护装置。

随着电子技术、计算机技术、通信技术的飞速发展,人工智能技术如人工神经网络、遗传算法、进化规模、模糊逻辑等相继在继电保护领域的研究应用,继电保护技术向计算机化、网络化、一体化、智能化方向发展。

19 世纪的最后 25 年里,作为最早的继电保护装置——熔断器——已开始应用。随着电力系统的发展,电网结构日趋复杂,短路容量不断增大,到 20 世纪初期产生了作用于断路器的电磁型继电保护装置。虽然在 1928 年电子器件已开始被应用于保护装置,但电子型静态继电器的推广和大量生产,只是在 20 世纪 50 年代晶体管和其他固态元器件迅速发展之后才得以实现。静态继电器有较高的灵敏度和动作速度、维护简单、寿命长、体积小、消耗功率小等优点,但较易受环境温度和外界干扰的影响。1965 年,出现了应用计算机的数字式继电保护。大规模集成电路技术的飞速发展,微处理器和微机的普遍应用,极大地推动了数字式继电保护技术的开发。目前,微机保护正处于日新月异的研究试

验阶段,并已有少量装置正式运行。

二、电磁型继电器

1. 电磁型继电器的结构和工作原理

电磁型继电器主要有 3 种不同的结构形式,即螺管线圈式、吸引衔铁式和转动舌片式,如图 1-2 所示。

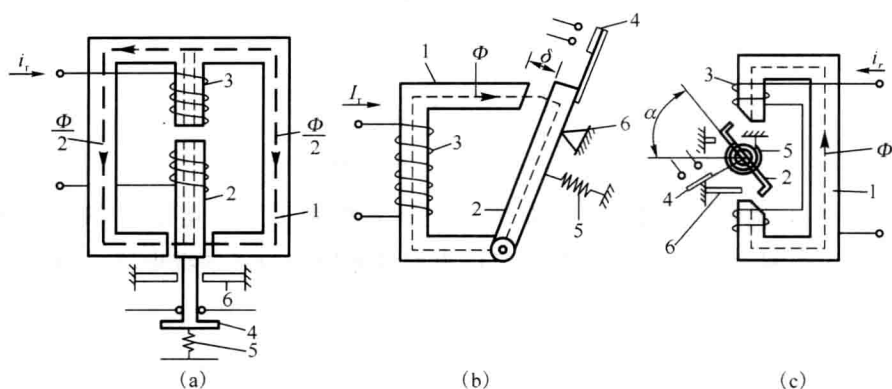


图 1-2 电磁型继电器的原理结构图

(a)螺管线圈式;(b)吸引衔铁式;(c)转动舌片式

1—电磁铁;2—可动衔铁(或舌片);3—线圈;4—触点;5—反作用弹簧;6—止挡

通常,电磁型电流和电压继电器均采用转动舌片式结构,时间继电器采用螺管线圈式结构,中间继电器和信号继电器采用吸引衔铁式结构。每种结构皆包括 6 个组成部分,即电磁铁 1、可动衔铁(或舌片)2、线圈 3、触点 4、反作用弹簧 5 和止挡 6。

当线圈通入电流 I_r 时,产生与其成正比的磁通 Φ ,磁通 Φ 经过铁芯、空气隙和衔铁构成闭合回路。衔铁(或舌片)在磁场中被磁化,产生电磁力 F 和电磁转矩 M 。当电流 I_r 够大时,衔铁被吸引移动(或舌片转动),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,电磁力 F 与磁通 Φ 的二次方成正比,即

$$F = K_1 \Phi^2 \quad (1-1)$$

式中 K_1 ——比例系数。

磁通 Φ 与线圈中通入电流 I_r 产生的磁通势 $I_r W_r$ 和磁通所经过磁路的磁阻 R_m 有关,即

$$\Phi = \frac{I_r W_r}{R_m} \quad (1-2)$$

将式(1-2)代入式(1-1)中,可得

$$F = K_1 W_r^2 \frac{I_r^2}{R_m^2} \quad (1-3)$$

电磁转矩为

$$M = FL = K_1 L W_r^2 \frac{I_r^2}{R_m^2} = K_2 I_r^2 \quad (1-4)$$

式中 K_2 ——系数,当磁阻 R_m 一定时, K_2 为常数。

式(1-4)说明,当磁阻 R_m 为常数时,电磁转矩 M 正比于电流 I_r 的二次方,而与通入线圈中电流的方向无关,所以根据电磁原理构成的继电器,可以制成直流继电器或交流继电器。

2. 电磁型电流继电器

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整定值而动作的继电器。电流继电器的结构和表示符号,如图 1-3 所示。其线圈导线较粗、匝数少,串接在电流互感器的二次侧,作为电流保护的启动元件(或称测量元件),用于判断被保护对象的运行状态。

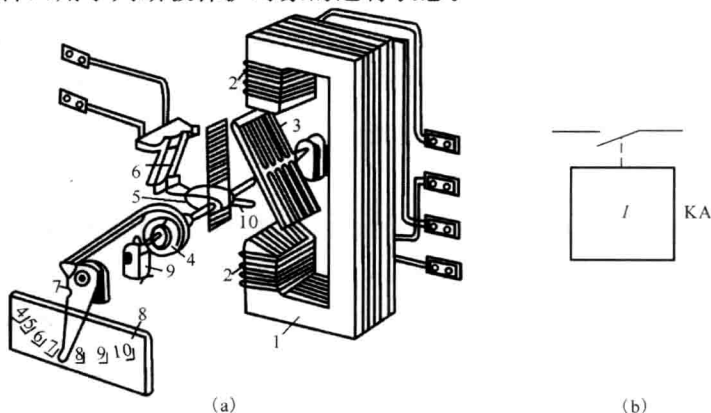


图 1-3 电磁型电流继电器

(a) 结构图; (b) 符号图

1—电磁铁; 2—线圈; 3—Z形舌片; 4—螺旋弹簧; 5—动触点; 6—静触点;

7—整定值调整把手; 8—刻度盘; 9—轴承; 10—止挡

电磁型电流继电器由铁芯、线圈、固定在转轴上的 Z 形舌片和螺旋弹簧及动触点、静触点等构成。通过继电器的电流产生电磁力矩 M_e ，作用于 Z 形舌片，螺旋弹簧产生反作用力矩 M_s ，作用于转轴。当 $M_e > M_s$ 时，使 Z 形舌片转动（忽略轴与轴承的摩擦力矩），动合触点（也称常开触点，继电器不带电时处在断开状态，动作时闭合的触点）闭合，称为继电器动作。继电器的动作条件为

$$M_e > M_s \quad (1-5)$$

使继电器动作的最小电流值称为动作电流，用 I_{act} 表示。

继电器动作后，减小通过继电器的电流，电流产生的电磁力矩 M_e 也随之减小，当小于螺旋弹簧产生的反作用力矩 M_s 时，Z 形舌片在 M_s 的作用下，回到动作前的位置，动合触点断开，称为继电器的返回。继电器的返回条件为

$$M_e < M_s \quad (1-6)$$

使继电器返回原位的最大电流值称为返回电流，用 I_{re} 表示。由于动作前后 Z 形舌片的位置不同，动作后磁路的气隙变小，故返回电流 I_{re} 总是小于动作电流 I_{act} 。

继电器返回电流 I_{re} 与动作电流 I_{act} 的比值称为返回系数 K_{re} ，即

$$K_{re} = I_{re} / I_{act} \quad (1-7)$$

在实际应用中，要求有较高的返回系数，如 0.85~0.95。返回系数越大则保护装置的灵敏度越高，但过大的返回系数会使继电器触点闭合不够可靠。实际应用中应根据具体要求选用电流继电器。

例如，某一电流保护装置，电流继电器整定值为 3 A，可选用 DL-11/10 型电流继电器，继电器型号的意义如下：

D——电磁型；L——电流继电器；11——设计序号为 1，有一对动合触点；10——动作值的整定范围 2.5~10 A，包括 3 A。将整定值调整把手的箭头指在 3 A 位置，两个线圈串联，如图 1-4(a) 所示。

又如，某一电流保护装置，电流继电器整定值为 6 A，仍可选用 DL-11/10 型电流继电器，将整定值调整把手的箭头仍指在 3 A 位置，两个线圈并联，如图 1-4(b) 所示。因为在整定值调整把手位置不变的前提下，通入同样的电流，两个线圈并联时产生的电磁转矩是串联时的 1/2。

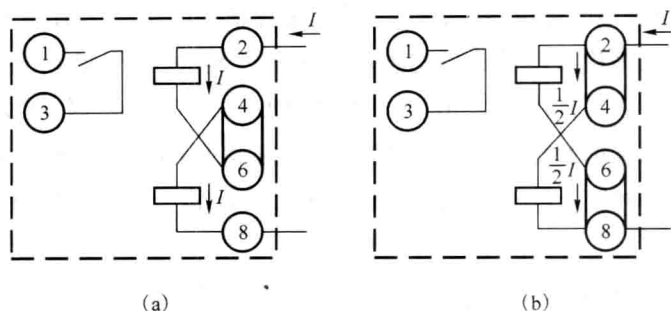


图 1-4 电流继电器内部接线图

(a)线圈串联;(b)线圈并联

3. 电磁型电压继电器

电磁型电压继电器在电压保护中作为测量和启动元件,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,决定其是否动作。电压继电器与电流继电器的结构和工作原理基本相同,但电压继电器的线圈导线细、匝数多,为改善继电器的动态特性,需增大线圈的电阻成分,故多用康铜线绕制。

电压继电器有过电压继电器和低电压继电器之分。过电压继电器动作和返回的概念等同于电流继电器。低电压继电器若设有一对动断触点(也称常闭触点,继电器线圈不通电或电压低于某定值时处于闭合状态的触点),正常运行时系统电压为额定值,电压互感器二次的额定电压加在低电压继电器上,产生的电磁转矩 M_e 大于螺旋弹簧产生的反作用力矩 M_s ,触点处于断开状态;当发生短路故障时,系统电压下降,产生的电磁转矩 M_e 小于螺旋弹簧产生的反作用力矩 M_s ,其触点闭合,称为低电压继电器动作。使其动作的最高电压称为低电压继电器的动作电压 U_{act} 。故障消失后电压恢复,电压升高到产生的电磁转矩 M_e 大于螺旋弹簧产生的反作用力矩 M_s 时,其触点断开,称为低电压继电器返回。使其返回的最低电压称为低电压继电器的返回电压 U_r 。返回系数 $K_r = U_r/U_{act}$,低电压继电器的返回系数大于 1,通常要求 $K_r \leq 1.2$ 。

电压继电器动作值的调整可通过改变两个线圈的连接方式实现,两个线圈串联时的动作值是两个线圈并联时的 2 倍,整定值的刻度为两个线圈并联时的动作值。

4. 辅助继电器

1) 时间继电器

时间继电器在继电保护装置中作为时限元件,用来建立保护装置所需动作