



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电力系统继电保护与自动装置

(第二版)

电厂及变电站电气运行专业

主编 李火元



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电力系统继电保护与自动装置

(第二版)

电厂及变电站电气运行专业

主 编 李火元

责任主审 孙保民

审 稿 黄 梅 夏瑞华



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材。

本书分为13个单元,主要内容有:电网的电流保护、电网距离保护、输电线路的全线速动保护、输电线路的自动重合闸、电力变压器继电保护、发电机继电保护、母线保护、微机型继电保护、备用电源自动投入装置、按频率自动减负荷装置、同步发电机的自动并列装置、同步发电机的自动调节励磁装置、故障录波装置。

本书覆盖了电力系统继电保护与自动装置两个方面。在微机型继电保护装置及微机型自动装置普遍采用的今天,把原来分设的继电保护和自动装置合二为一完全是可行的。因为,它们的输入信号预处理和硬件电路基本相同,合二为一后,减少了不必要的重复。同时,也符合电厂及变电站向综合自动化方向发展的趋势。

本书单元标题下面有本单元的内容提要,每单元后面是本单元小结和复习思考题。本书可作为各类中等职业教育电气类各专业的教材,也可供从事继电保护及自动装置有关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护与自动装置/李火元主编. —2版.
北京:中国电力出版社,2006
中等职业教育国家规划教材
ISBN 7-5083-3685-2

I. 电... II. 李... III. ①电力系统-继电保护-专业学校-教材②电力系统-继电自动装置-专业学校-教材
IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 128411 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)
航远印刷有限公司印刷
各地新华书店经售

*

2002年1月第一版
2006年1月第二版 2006年1月北京第九次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 18.25印张 412千字
印数31001—35000册 定价24.00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)

电力中等职业教育国家规划教材

编委会

主任 张成杰

副主任 杨昌元 宗健 朱良镭

秘书长 尚锦山 马家斌

委员 丁雁 王玉清 王宝贵 李志丽 杨卫民

杨元峰 何定焕 宋文复 林东 欧晓东

胡亚东 柏吉宽 侯林军 袁建文 涂建华

梁宏蕴

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书自 2002 年 1 月出版发行以来,已印刷了 8 次。首先对第一版中的错漏之处给读者带来的不便表示歉意。可喜的是第二版给了我们改正的机会,我们将以更加审慎的态度撰写与组稿,尽所能提高质量,回报广大读者。

结合电力职业教育特点,城、农网改造后的需要和电力系统继电保护与自动装置自身技术的发展,第二版在第 4 单元中增加了重合器一节;根据目前电力系统中只要采用阻抗保护就是微机型这一现实,删除了第一版中的 2.3 节;对第 8 单元微机型继电保护的内容进行了重组;删除了 ZZQ-5 的相关内容,因为 ZZQ-5 已基本不用了。

虽然我们有写好本书的主观愿望,但限于水平,书中的错漏仍会存在,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 9 月 8 日于武昌

第一版前言

本书是根据教育部组织的“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”研究与开发项目《电厂及变电站电气运行》专业中的《电力系统继电保护与自动装置课程教学大纲》的要求编写的。

本书力求将近年来继电保护与自动装置领域的新原理、新技术用通俗的文字介绍给读者。考虑到电磁型和整流型装置还在广泛使用这一现实，且电磁型和整流型装置易于初学者很好地理解继电保护与自动装置的基本原理，所以在讲述继电保护与自动装置基本原理时以电磁型和整流型装置为重点。由于晶体管型和集成电路型装置已基本被微机型装置取代，因此较复杂的装置（含继电保护装置和自动装置，下同）以微机型为主，如微机型线路保护装置、微机型自动并列装置、微机型自动调节励磁装置、微机型故障录波装置等。书中还介绍了工频变化量继电保护原理等新技术。

全书共分 13 个单元，由李火元主编，林东主审。第 1 单元由杨利水编写，第 9~13 单元由李斌编写，其余各单元由李火元编写。林东同志在审阅过程中提出了许多宝贵意见，在此深表谢意。

由于编者水平所限，书中的错漏之处恳请读者批评指正。

编 者

2001 年 6 月

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

第一版前言

绪论	1
第1单元 电网的电流保护	4
§ 1.1 线路相间故障的三段式电流保护	5
§ 1.2 电网相间短路的方向电流保护	22
§ 1.3 电网的接地保护	31
小结	41
复习思考题	42
第2单元 电网的距离保护	46
§ 2.1 距离保护的基本原理	46
§ 2.2 阻抗继电器的构成原理	48
§ 2.3 影响阻抗继电器正确工作的因素及克服方法	54
§ 2.4 阶段式距离保护整定计算	61
小结	63
复习思考题	65
第3单元 输电线路的全线速动保护	67
§ 3.1 线路的差动保护	67
§ 3.2 高频保护的基本原理	73
§ 3.3 高频闭锁方向保护	79
§ 3.4 相差高频保护	83
小结	85
复习思考题	86
第4单元 输电线路的自动重合闸 ARC	87
§ 4.1 输电线路自动重合闸的作用及分类	87
§ 4.2 单侧电源线路的三相一次 ARC	89
§ 4.3 双侧电源线路三相自动重合闸	93
§ 4.4 自动重合闸与继电保护的配合	98

§ 4.5 综合重合闸简介	100
§ 4.6 重合器	104
小结	106
复习思考题	106
第5单元 电力变压器的继电保护	108
§ 5.1 变压器的故障、不正常工作状态及保护配置	108
§ 5.2 变压器的瓦斯保护	109
§ 5.3 变压器的差动保护	111
§ 5.4 变压器的接地保护	121
§ 5.5 变压器的过电流保护	124
§ 5.6 变压器保护全图	127
小结	130
复习思考题	130
第6单元 发电机的继电保护	132
§ 6.1 发电机的故障、不正常工作状态及其保护方式	132
§ 6.2 发电机的差动保护	133
§ 6.3 发电机定子绕组接地保护	138
§ 6.4 发电机的电流、电压保护	141
§ 6.5 发电机励磁回路接地保护	143
§ 6.6 发电机的失磁保护	145
§ 6.7 发电机的逆功率保护	149
§ 6.8 大型发电机—变压器组继电保护配置及原理框图	150
小结	152
复习思考题	153
第7单元 母线保护	155
§ 7.1 母线完全差动保护	156
§ 7.2 比相式母线差动保护	158
§ 7.3 比率制动式母线差动保护	160
小结	161
复习思考题	162
第8单元 微机型继电保护	163
§ 8.1 微机保护输入信号的预处理	164
§ 8.2 微机保护的基本算法与数字滤波	170
§ 8.3 工频变化量测量元件	180
§ 8.4 微机保护装置	183
小结	214
复习思考题	215
第9单元 备用电源自动投入装置 AAT	216
§ 9.1 备用电源自动投入装置的作用及基本要求	216

§ 9.2 备用电源自动投入装置典型接线	218
小结	219
复习思考题	219
第 10 单元 按频率自动减负荷装置 AFL	220
§ 10.1 电力系统的频率特性	220
§ 10.2 对按频率自动减负荷装置的基本要求	222
§ 10.3 按频率自动减负荷装置	224
小结	228
复习思考题	228
第 11 单元 同步发电机自动并列装置	229
§ 11.1 概述	229
§ 11.2 整步电压	232
§ 11.3 微机自动并列装置	234
小结	237
复习思考题	237
第 12 单元 同步发电机自动调节励磁装置	238
§ 12.1 概述	238
§ 12.2 半导体自动励磁调节器	245
§ 12.3 并联运行机组间无功功率分配	260
§ 12.4 同步发电机的强行励磁和灭磁	266
§ 12.5 大机组励磁系统实例	268
§ 12.6 数字式自动调节励磁装置	272
小结	275
复习思考题	275
第 13 单元 故障录波装置	277
§ 13.1 故障录波装置的作用	277
§ 13.2 微机故障录波装置	278
小结	282
复习思考题	282

绪 论

一、电力系统继电保护及自动装置的作用与任务

电力系统继电保护及自动装置（以下简称继电保护及自动装置）是电力系统安全、稳定运行的可靠保证。

电力系统是发（发电机）、供（变压器、线路）、用电的总称。电力系统由于受自然（如雷击、风灾等）、人为（如设备制造上的缺陷、误操作等）因素影响，不可避免地会发生各种形式的短路故障（以下简称故障）和不正常工作状态。故障和不正常工作状态，都可能在电力系统中引起事故。事故是指系统或其中的一部分正常工作遭破坏，造成对用户的少送电或人身伤亡和设备损坏。前者称为停电事故，后者称为人身和设备事故。

为了减轻故障和不正常工作状态造成的影响，继电保护的任务是：当电力系统出现故障时，给控制主设备（如输电线路、发电机、变压器等）的断路器发出跳闸信号，将发生故障的主设备从系统中切除，保证无故障部分继续运行；当电力系统出现不正常工作状态时继电保护发出信号，运行人员根据继电保护发出的信号对不正常工作状态进行处理，防止不正常工作状态发展成故障而造成事故。例如某变压器过载了，运行人员就应相应的减轻该变压器的负载，使该变压器恢复正常运行。

电能的生产（发电）、输送、分配、使用是同时进行的，从电源到负荷是一个紧密连接的且分布十分广泛的大系统。因此，对电能质量及电力系统运行有极严格的要求。运行中出现问题，若处理不及时或处理不正确都会影响电力系统的正常运行，甚至造成大面积停电；局部发生的故障，如处理不当，会影响整个电力系统。随着发电机单机容量及电力系统容量的不断扩大，对运行水平的要求越来越高。只有借助自动装置的帮助，才能达到现代电力系统所要求的运行水平。自动装置的任务是：①配合继电保护提高供电的可靠性（如自动重合闸、备用电源自动投入装置等）；②保证电能质量、提高系统经济运行水平、减轻运行人员的劳动强度（如自动调节励磁装置、按频率自动减负荷装置、自动并列装置等）；③自动记录故障过程，以利于分析处理事故（如故障录波装置等）。

二、对继电保护的四项基本要求

继电保护的功能，就是将检测到的电气量与整定值进行比较，在越过整定值或边界时就动作。继电保护装置工作的好坏用四项基本要求来衡量。

1. 可靠性

电力系统正常运行时，继电保护装置应可靠地不动作；当被保护设备发生故障或不正常工作状态时，继电保护装置应可靠地动作。前者称作安全性，如果电力系统正常运行时继电保护装置动作了，误发信号或误将某设备切除，非但未起到保护作用，反而由于误动作造成了电力系统的不安全；后者称作可依赖性，如果被保护设备发生故障或出现不正常工作状态时继电保护装置拒绝动作，就没有起到保护作用，该保护不可依赖。由此可见，

继电保护必须满足可靠性的要求。

2. 迅速性

迅速性又可称作快速性，是指继电保护装置的動作速度要快。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定的動作时限。

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为 5ms。

3. 选择性

选择性是指当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，应保证无故障部分继续运行。如图 0-1 中 k1 点故障，断路器 QF1 和 QF2 的保护動作，切除发生在线路 L1 上的故障，保证无故障部分继续运行。

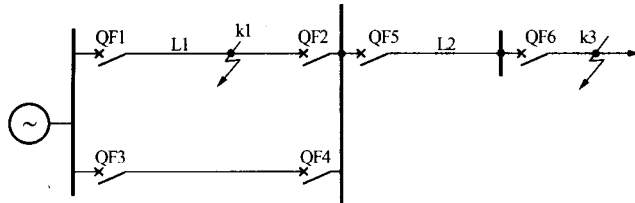


图 0-1 选择性说明图

在图 0-1 中 k3 点故障时，根据选择性的要求应该由断路器 QF6 切除故障。若出现 QF6 上的继电保护装置拒动或者是断路器自身拒动，则应由 QF5 切除 k3 点故障。这是很必要的，称断路器 QF5 是断路器 QF6 的后备，其他的继电保护装置也是如此。这样停电范围虽然有所扩大，但故障总是被切除了。

4. 灵敏性

灵敏性指的是继电保护装置反应故障的能力。灵敏性一般用灵敏系数 K_{sen} 来衡量，不同的继电保护装置对灵敏系数的要求不相同，校验灵敏性的方法也不一样，这将在以后各具体的继电保护装置中分析。

以上四项基本要求，贯穿整个继电保护内容的始终。要注意四项基本要求间的矛盾与统一，例如强调快速性时，可能会影响到可靠性和选择性；强调选择性时可能会影响到快速性。可以推断：同时满足四项基本要求的继电保护装置，其造价一定昂贵。所以，对具体的被保护对象装设怎样的继电保护装置，在满足技术条件的同时还要分析其经济性。

对各种自动装置的基本要求，将在各有关单元介绍。

继电保护及自动装置发展到今天，它的构成原理已形成了两种逻辑：①布线逻辑；②数字逻辑。布线逻辑的继电保护装置和自动装置（以下简称装置），其功能靠接线来完成，不同原理的装置其接线也不同（及硬件不相同）；数字逻辑的装置其功能由计算（程序）来完成，不同原理的装置计算方法（程序）不相同，但硬件基本相同。布线逻辑的装置要实现一种完善的特性（如四边形阻抗边界），接线将十分复杂，有些边界还不可能实现；数字逻辑的装置其原理是由计算（程序）来实现的，因此可实现特性完善的装置。

三、学习继电保护及自动装置时应注意的几个问题

学习继电保护及自动装置要注意学习方法。应在学完电工基础、电机学、电子技术、微机原理、发电厂变电站电气设备、电力系统等课程的基础上进行学习。在对继电保护及自动装置进行理论（基本原理、工作原理、工作特性等）分析时，首先应分析被保护或被控制的主设备（如发电机、变压器、输电线路等）的特点，特别是要分析他们在不正常工作状态和故障情况时的特征，找出特征量或被控量；接着分析用于判别这些特征量或被控量的继电器或自动装置；再分析继电保护及自动装置的工作原理、工作特性。要掌握继电保护及自动装置这门技术，实训操作是必不可少的。在进行实训操作时，要充分模拟主设备不正常状态和故障情况，观察装置的动作情况，记录动作特性（特别是外特性），结合理论知识分析动作的正确性。

继电保护及自动装置课程的理论性、实践性都很强。初学者常感觉起点高，入门难。但入门之后，就会发现该课程逻辑推理严密、系统性强、层次分明、前后知识关联，越学越有趣。所以初学者要知难而进，一旦掌握了学习方法，深入到理论和实践中，就会发现继电保护及自动装置内部世界的“精彩”之处，就会自觉地克服学习中的困难，掌握继电保护及自动装置这门技术。

本课程知识的难点包含两层含义。

（1）基础知识“层次”问题。例如，要求仅有小学文化程度的人去解微分方程，无论多么简单的微分方程他都无法解，因为他的知识没有达到解微分方程这个层次。

（2）“繁”及复杂。

继电保护及自动装置课程对中职学员来讲，上述两类难点都存在。为了快速切除故障，继电保护的动作时间以毫秒记，因此对电磁暂态方面的知识必须有所要求。但中职学员在学习电机学、电力系统等课程时对暂态方面的知识了解很少，这就需要在学本课程时加以适当的补充。对于这类“层次”问题，将概念搞清即可，没有必要追求理论推导的完整性。学习继电保护及自动装置感到“繁”是每一个初学者的“通病”。要解决“繁”的问题，应从目的出发，结合对每一种装置的基本要求去衡量这些装置是否达到设定目标。在分析过程中可采用“积木”式的分析方法，将一个复杂的大问题（总装置）化为若干小问题进行分析，加之多观察、多动手，难题也容易解决。对于那些结构十分复杂的装置（如微机保护的硬件电路、自动并列装置等），初学时可将它的内部结构看成一个“黑匣子”，先搞清它的外特性，学会使用，必要时再去研究内部结构。

电网的电流保护

内容提要和要求

(一) 内容提要

(1) 本单元是继电保护知识的基础。内容包括：几种常用的电磁型继电器、方向元件的构成原理和工作原理；电流保护的接线方式和三段式电流保护；讨论以电流（功率）的方向为判据，解决两侧电源或单电源环网输电线路电流保护的选择性问题；根据输电线路发生接地故障后会出现零序分量这一特点，介绍零序电流、零序电压保护。

(2) 学习本单元的目的是：建立完整的“继电保护概念”，学会绘制、阅读继电保护接线图；掌握阶段式电流保护在保护范围、动作值、动作时限方面的配合；会正确使用接线方式；掌握利用电流（功率）的方向解决选择性问题的方法；掌握阶段式零序电流保护、零序方向保护和绝缘监视装置的工作原理。

(二) 教学要求

(1) 正确理解动作电流、返回电流和返回系数。

(2) 掌握电磁型电流继电器、电压继电器、时间继电器、信号继电器和中间继电器的作用及工作原理。

(3) 会分析三段式电流保护的工作原理、各段的保护范围及整定计算。

(4) 能对三段式电流保护正确接线。

(5) 会分析三段式电流保护的优、缺点。

(6) 会分析两侧电源或单电源环网输电线路电流保护的方向问题。

(7) 掌握方向元件的动作方向（正方向）。

(8) 会分析比相式、比绝对值式方向元件的工作原理。

(9) 掌握死区、动作区、最灵敏角等概念。

(10) 掌握消除死区的方法。

(11) 熟悉 90° 接线并会进行 90° 接线。

(12) 会阅读阶段式方向电流保护的接线图。

(13) 会对阶段式方向电流保护进行整定计算。

(14) 会分析零序电流滤过器和零序电压滤过器的工作原理。

(15) 会分析阶段式零序电流保护的工作原理。

(16) 会对阶段式零序电流保护整定计算。

(17) 了解零序功率方向元件的构成原理。

- (18) 掌握零序功率方向元件的工作特性和接线方式。
- (19) 会分析绝缘监视装置的工作原理。
- (20) 了解中性点非直接接地系统接地保护存在的问题。

§ 1.1 线路相间故障的三段式电流保护

电网担负着由电源向负荷输送电能的任务，正常运行时流过的是负荷电流。当线路发生短路故障时，电源向故障点提供很大的短路电流（是正常运行时负荷电流的几倍），使系统正常运行状态遭到破坏，造成一系列的严重后果。为了消除短路故障给系统造成的危害，可以利用线路短路故障时电流增大的特点，构成电网故障的电流保护，将故障切除，以保证系统非故障部分的正常运行。

一、常用的继电器

线路相间短路故障的显著特点是电流增大、电压降低。利用电流继电器（或电压继电器）判断线路的运行状态，作为线路电流保护（或电压保护）的起动元件，构成线路相间故障的电流、电压保护，以保证系统非故障部分的正常运行。下面介绍继电保护中常用的电磁型继电器。

1. 电磁型电流继电器

电流继电器的作用是测量电流的大小。电流继电器的结构和图形符号如图 1-1 所示。其线圈导线较粗、匝数少，串接在电流互感器的二次侧，作为电流保护的起动元件（或称测量元件），用以判断被保护对象的运行状态。

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 大于 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（亦称常开触点，继电器动作之前处在断开状态，动作时闭合的触点）闭合，称之为继电器动作。继电器的动作条件为

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

使继电器动作的最小电流称为动作电流，用 I_{act} 表示。

继电器动作后，若通过继电器的电流减小，则电流产生的电磁力矩 M_e 亦随之减小。当电磁力矩 M_e 小于螺旋弹簧产

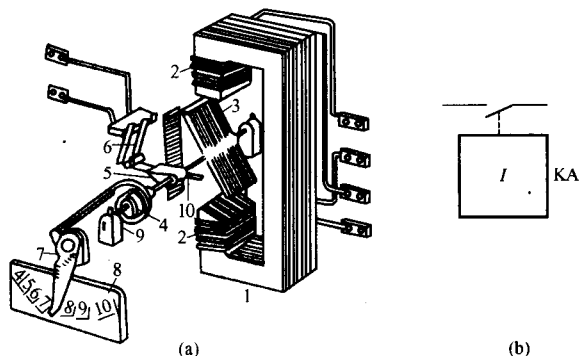


图 1-1 电磁型电流继电器

(a) 结构图；(b) 图形符号

- 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—止档

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, 称之为继电器的返回。继电器的返回条件为

$$M_e < M_s \quad (1-2)$$

使继电器返回的最大电流称为返回电流, 用 I_r 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_r 总是小于动作电流 I_{act} 。

返回电流 I_r 与动作电流 I_{act} 的比值称为返回系数 K_r , 有

$$K_r = \frac{I_r}{I_{act}} \quad (1-3)$$

$K_r = 0.85 \sim 0.95$ 。

当给继电器所加的控制量 (如通过的电流) 变化到某一数值时, 其触点的状态发生突变 (反映在触点的输出), 继电器具有明确而快速的动作特性, 即继电特性, 如图 1-2 所示。

实际应用中应根据具体要求选用电流继电器, 如某一电流保护装置, 电流继电器整定值为 3A, 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, 有一对动合触点; 10——动作值的整定范围为 2.5~10A。

该继电器的整定范围为 2.5~10A, 包括 3A, 将整定值调整把手的箭头指在 3A 位置, 且两个线圈串联, 如图 1-3 (a) 所示, 即为整定值为 3A 的电流继电器。

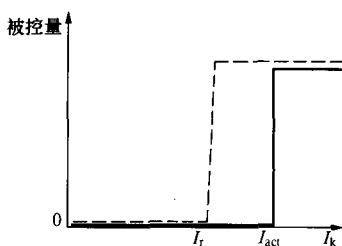


图 1-2 继电特性

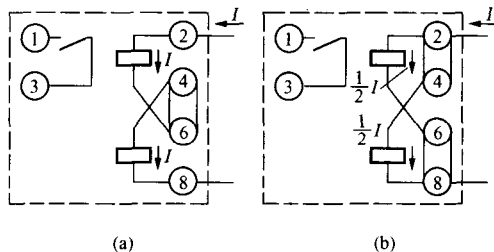


图 1-3 继电器内部接线图

(a) 线圈串联; (b) 线圈并联

又如某一电流保护装置, 电流继电器整定值为 6A, 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 3A 位置, 而将两个线圈并联, 如图 1-3 (b) 所示, 其整定值则为 6A。因为在整定值调整把手位置不变的前提下, 两个线圈通入了同样的电流, 所以并联时产生的电磁转矩与串联时产生的电磁力矩是相等的, 但流入继电器的电流确为 6A。

2. 电磁型电压继电器

电压继电器的作用是测量电压的高低, 应用时并接在电压互感器的二次侧, 作为保护的起动元件 (或称测量元件)。电磁型电压继电器的结构与电流继电器基本相同, 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。电压继电器的图形符号如图 1-4 所示。

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(亦称常闭触点,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 时,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改变两个线圈的连接方式实现,当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。

转动舌片式结构的电磁型电流继电器、电压继电器,消耗功率小,结构简单,但触点容量小,不能直接作用于断路器跳闸。

3. 电磁型时间继电器

时间继电器的作用是保护装置建立必要的延时,以保证保护动作的选择性和某种逻辑关系。它的操作电源有直流的也有交流的,一般多为电磁式直流时间继电器。对时间继电器的要求:

(1) 应能延时动作。线圈通电后,继电器的主触点不是立即闭合,而是经过一段延时后才闭合,并且这个延时应十分准确、可调,不受操作电压波动的影响。

(2) 应能瞬时返回。对已经动作或正在动作的继电器,一旦线圈上所加电压消失,则整个机构应立即恢复到原始状态,而不应有任何的拖延,以便下一次动作。

电磁型时间继电器的结构及图形符号如图1-5所示。它主要由电磁部分、时钟部分和触点组成。当线圈1通电时,电磁铁2产生磁场,衔铁3在磁场作用下向下运动,时钟部分10开始计时,动触点11随时钟机构而旋转,延时的时间决定于动触点11旋转至与静触点12接通所需转过的角度,这一延时从刻度盘13上可粗略地估计。图1-5中4为返回弹簧,当线圈1失压时,时钟机构在返回弹簧4的作用下返回。5~8为瞬动触点。有的继电器还有滑动延时触点,即当动触点在静触点上滑过时才闭合的触点。

4. 电磁型中间继电器

中间继电器起中间桥梁作用,与电磁型电流、电压继电器相比,有如下特点:①触点容量大,可直接作用于断路器跳闸;②触点数目多;③可实现时间继电器难以实现的短延时;④可实现保护装置电流起动、电压保持或电压起动、电流保持。由于中间继电器具有上述特点,可满足复杂保护和自动装置的需要,因此中间继电器得到了广泛应用。电磁型中间继电器的结构一般是吸引衔铁式,其结构及图形符号如图1-6所示。

线圈2通电后,电磁铁产生电磁力,吸引衔铁3,从而带动触点5,使动合触点闭合、

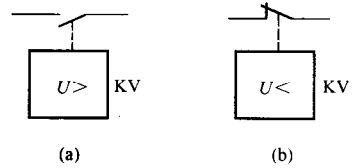


图1-4 电压继电器图形符号
(a) 过电压继电器; (b) 低电压继电器