中等专业学校教材

继电保护及自动装置

西安铁路运输学校　　王永康　主编
郑州铁路局西安勘测设计院　　符德川　主审

中　国　铁　道　出　版　社
1998 年·北京

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书在分析各种继电保护装置工作原理的基础上,重点介绍电气化铁道牵引供电系统的继电保护和自动装置的工作原理,以及有关的调试运用技术。

本书为中等专业学校铁道供电专业的教材,也可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护及自动装置/ 王永康编. -北京:中国铁道出版社,1997. 12
中等专业学校教材
ISBN 7-113-02813-6

Ⅰ. 继… Ⅱ. 王… Ⅲ. ①电气化铁道-牵引变电所-继电保护装置-专业学校-教材②电气化铁道-牵引变电所-继电自动装置-专业学校-教材 Ⅳ. U224. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 02679 号

中等专业学校教材

继电保护及自动装置

西安铁路运输学校 王永康 主编

中国铁道出版社出版发行

(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑 方军 封面设计 马利

中国铁道出版社印刷厂印 各地新华书店经售

1998 年 5 月第 1 版 第 1 次印刷

开本:787×1092 1/ 16 印张:13 插页:1 字数:314 千字

ISBN7-113-02813-6/ TP·276 印数:1— 册 定价:15. 90 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前　言

本书是根据铁道部颁发的铁路中等专业学校电气化铁道供电专业指导性教学大纲的要求,为铁道供电专业的‘继电保护及自动装置’课程而编写的教材。

随着科学技术的发展,以及教学改革的日渐深入,原试用教材《继电保护及自动装置》已不能适应教学的需要,因此,经该专业教学指导委员会商定,重新编写新教材。

根据教学大纲的要求,本教材在分析各种继电保护装置工作原理的基础上,重点介绍电气化铁道牵引供电系统的继电保护。除此之外,还对目前广泛应用于电力系统和牵引供电系统的几种自动装置作了必要的介绍。

本教材立足于中等专业学校的教学特点,着眼于培养应用型技术人才的需要,紧密结合电气化铁道牵引供电系统的实际,较详细地介绍了各种继电保护和自动装置的实际结构、调试、运用等实践知识与技能,以提高学生的实际工作能力。由于近几年来,随着电气化铁道的飞速发展,大量先进技术的采用,故本教材也收集和编入了许多应用较为成熟的新技术。在文字叙述上,也力求适应中专学生的文化程度,由浅入深、通俗易懂,便于自学。

本教材的电气图形及文字符号均采用了现行的国标,因此也对目前广泛应用于铁路供电系统的继电保护和自动装置中的图形和文字符号按国标作了修改,并对新旧文字符号作了对照说明。

全书共分为三篇,十二章。第一篇叙述继电保护的基本知识和几种常用的线路保护装置。第二篇叙述牵引供电系统应用较广的几种自动装置。第三篇叙述牵引供电系统的几种继电保护装置。鉴于各电气化铁路区段的电气设备差异很大,故各校在教学过程中可根据教学大纲要求适当取舍。

本教材由王永康主编,郑州铁路局西安勘测设计院高级工程师符德川主审。编写分工:第九章、第十一章由柯志敏编写,第十、十二章由程波编写,第八章的第三节由张刚毅编写,其他部分由王永康编写。北京铁路电气化学校刘五一,广州铁路机械学校谭慧铭等参加了审稿会议,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,教材中的缺点和谬误在所难免,热诚欢迎读者批评指正。

目　　录

绪　论 …… 1
第一篇　输电线路的保护 …… 3
　第一章　继电保护的基本概念 …… 3
　　第一节　短路故障与继电保护的作用 …… 3
　　第二节　继电保护的原理与分类 …… 5
　　第三节　对继电保护装置的基本要求 …… 6
　　第四节　电磁型继电器 …… 9
　　第五节　数字型时间继电器 …… 18
　第二章　相间短路的电流保护 …… 22
　　第一节　过电流保护 …… 22
　　第二节　三段电流保护 …… 26
　　第三节　电压速断及低电压启动过电流保护 …… 30
　第三章　相间短路的方向电流保护 …… 33
　　第一节　方向电流保护的原理 …… 33
　　第二节　功率方向继电器的构成 …… 35
　　第三节　功率方向继电器的应用 …… 39
　第四章　电网的接地保护 …… 43
　　第一节　大接地电流电网接地故障时的零序分量 …… 43
　　第二节　三段零序方向电流保护 …… 47
　第五章　相间短路的距离保护 …… 50
　　第一节　整流型阻抗继电器 …… 50
　　第二节　距离保护 …… 56
　　第三节　高压输电线路保护举例 …… 61
第二篇　自动装置 …… 67
　第六章　自动重合闸装置 …… 67
　　第一节　自动重合闸的一般概念 …… 67
　　第二节　单侧电源输电线路的三相一次重合闸 …… 69
　　第三节　双侧电源输电线路的三相一次重合闸 …… 71
　第七章　备用电源自投装置 …… 75
　　第一节　备用线路自投 …… 75
　　第二节　备用变压器自投 …… 81
　第八章　故障点自动测定装置 …… 85
　　第一节　ZKT-1 型故障点测定装置的原理及应用 …… 85

第二节　ZKT-1 型故障点探测仪原理接线图 …… 89
第三节　接触网故障参数微机测试仪 …… 94
第三篇　牵引供电系统的继电保护装置 …… 99
第九章　牵引网保护 …… 99
第一节　牵引网的特点 …… 99
第二节　牵引网保护方式 …… 100
第三节　四边形阻抗特性 …… 104
第四节　ZKH-2A 型成套保护装置 …… 107
第五节　牵引网保护整定计算及接线图举例 …… 113
第十章　牵引变压器保护 …… 118
第一节　牵引变压器的保护方式 …… 118
第二节　牵引变压器的主要保护 …… 120
第三节　牵引变压器的后备保护 …… 129
第四节　牵引变压器保护接线图及整定计算 …… 134
第五节　牵引变压器二次回路的运用 …… 137
第十一章　AT 供电方式下的保护及故障测距 …… 143
第一节　牵引网阻抗特性 …… 143
第二节　牵引网保护 …… 145
第三节　牵引网保护实例 …… 148
第四节　牵引变压器保护 …… 151
第五节　牵引变压器保护实例 …… 154
第六节　牵引网故障测距 …… 157
第七节　牵引变电所母线保护 …… 159
第十二章　牵引供电系统微机保护 …… 162
第一节　计算机继电保护概述 …… 162
第二节　输入信号的预处理系统 …… 163
第三节　保护算法及数字滤波 …… 170
第四节　微机保护装置的功能及硬件结构 …… 175
第五节　牵引供电系统微机保护原理 …… 180
附表 …… 190
附表一　符号说明 …… 190
附表二　《电力设计技术规范》对灵敏系数的规定 …… 194
附表三　DL-10 型电流继电器的技术数据 …… 195
附表四　DL-20C、DL-30 型继电器的主要技术数据 …… 196
附表五　电压继电器的主要技术数据 …… 196
附表六　DS-100 型时间继电器的主要技术数据 …… 196
附表七　DS-30 型时间继电器的主要技术数据 …… 197
附表八　D/Z 系列中间继电器主要技术数据 …… 197
附表九　DX-30 系列信号继电器的主要技术数据 …… 199
主要参考文献 …… 200

需要全本请访问 www.ertongbook.com

绪　　论

随着科学技术和生产的迅速发展,电力系统的调节、控制、保护、测量等操作已日趋自动化。这些自动化中的一个重要方面,就是在电力系统发生故障或出现不正常运行状态时,能够自动反应和处理故障。例如:测定故障的参数和位置,切除故障设备,投入备用设备等,这些设备统称为电力系统的继电保护与自动化装置。

所谓"继电",是指电路的相互更替和延续。利用电路的这种相互更替和延续而构成的电力系统的保护措施称为继电保护。

继电保护与自动化技术是在近几十年来迅速发展起来的一门科学技术。

最早的保护,是反应线路短路故障而使电流增大的电流保护。通常采用的熔断器(保险丝)就是一种最简单的电流保护。但是,随着电力系统的发展,熔断器已远远不能满足电力系统保护的要求,而出现了继电器。用继电器反应电流的变化,并使断路器跳闸切除故障设备,起到保护作用,这就形成了所谓"继电保护"。

在 19 世纪 90 年代初期,出现了一种安装在油断路器上的,以一次电流直接动作的电磁式电流继电器,并由它构成电流保护。20 世纪初,即在 1901 年便出现了利用感应型电流继电器构成的电流保护。1908 年提出了以比较被保护线路两端电流为基础的电流差动保护。自从 1910 年起,开始采用方向电流保护。1920 年初制成了距离保护装置。1927～1928 年,开始利用被保护线路传送高频载波电流的高频保护。以后又陆续采用了反应零序和负序分量的零序和负序保护,并在继电保护技术中成功地采用了非线性元件。

半导体技术的发展和在继电保护中的应用,为继电保护和自动化技术的发展开拓了新的途径。采用半导体元件构成的晶体管继电保护与自动装置,具有体积小、重量轻、消耗功率小、灵敏度高、动作迅速、不怕震动等一系列优点,因此,目前国内外已广泛采用了各种晶体管继电保护和自动装置。特别是500 kV以上超高压输电线路出现以后,要求继电保护装置的动作时间小到 20～30 ms以下,这是机电式继电保护装置不可能实现的。因此,国外500 kV以上远距离输电线路的保护任务已全部由晶体管继电保护装置承担。

随着电子计算机技术的高速发展,用电子计算机代替继电保护装置这一新课题引起了人们的极大兴趣。特别是在 70 年代初、中期,计算机本身出现了重大突破,大规模集成电路技术飞速发展,微型处理和微型计算机进入了实用阶段。在电力系统中,近年来国内外已有许多微型计算机保护投入运用。我国铁路电气化区段也相继采用了各种微机保护和自动装置。

继电保护是保证电力系统安全可靠运行的重要措施。在现代电力系统中,如果没有性能良好的继电保护装置,要维持系统正常工作是不可能的。不仅如此,继电保护技术的发展和继电保护装置的进一步完善,将有力地促进电力系统的发展。

由于继电保护在电力系统中起着十分重要的作用,因此,它已区别于一般的自动化技术,而独自成为一门专门的学科。

继电保护这门学科的内容十分广泛,它不仅要研究电力系统的各种继电保护方式,各种继电保护装置的设计、生产、调试及运行维护等,而且要研究电力系统在各种运行状态(包括发生各种故障)中有关物理量的变化,及各种电器设备的有关性能等。可见,继电保护是一门理论性和实践性都很强的科学技术。

第一篇　输电线路的保护

第一章　继电保护的基本概念

本章主要介绍继电保护的基本概念,包括继电保护装置的作用、基本原理、基本要求以及几种常用的电磁型继电器和数字型继电器。

第一节　短路故障与继电保护的作用

电力系统是由发电机、变压器、输电线路等多种电气设备组成的庞大而复杂的网络。构成网络的大量元件,一方面要经常受到自然条件的影响,例如冰雪、风雨、雷电、飞鸟等自然现象的影响;另一方面,这些设备在制造、安装和检修过程中,难免遗留下某些隐患,以及在运行过程中绝缘老化,值班人员误操作等。由于上述原因,电力系统可能发生各种故障和某些不正常运行状态。

电力系统发生故障是指电力系统中某一元件的正常运行状态遭到破坏而无法正常供电的一种特殊状况。其中最常见的也是最危险的故障,是各种形式的短路故障。其中包括三相短路、两相短路、两相接地短路、不同地点的两点接地短路、单相接地短路,以及电机和变压器绕组的匝间短路等。表 1—1 列出了输电线路各种短路故障的示意图、表示符号及一般情况下的概率。除了短路故障外,还可能发生输电线路的断线故障,或在不同地点同时发生上述某几种故障的所谓复故障。

短路故障将会引起下列严重后果:

(1)短路点通过很大的短路电流,此电流形成的电弧有可能烧毁发生故障的元件;

(2)短路电流通过其它非故障元件时,产生很大的热量和电动力,使这些元件的使用寿命缩短或损坏;

(3)电力系统发生故障处附近的电压急剧下降,影响用户的正常用电;

(4)使电力系统各发电厂之间并联运行的稳定性受到破坏,引起系统振荡,甚至可能使整个电力系统解列。

电力系统出现不正常运行状态,是指系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但未发展成为故障时的情况。最常见的不正常运行状态是过负荷运行。电气设备长期过负荷运行,会加速设备的绝缘老化,或者损坏设备,严重时还可能发展成为故障。此外,系统的振荡、低频率运行等也属于不正常运行状态。

电力系统中的故障和不正常运行状态都可能引起系统事故。所谓系统事故,是指系统的全部或部分的正常运行状态遭到破坏,并由此造成对用户的供电中断,或供电质量变到不能容许的程度,甚至造成人身伤亡或设备损坏等。

电力系统是一个整体,系统中的各元件之间有着密切的电和磁的联系,当某一个元件发生故障时,立即会影响到其它非故障元件的正常运行,使故障范围扩大,甚至可能发展成为严重

的事故。因此,一旦发生故障,应立即切除故障元件。切除故障元件的时间,常常要求小到十分之几秒,甚至百分之几秒。在这样短暂的时间内,由运行人员来发现故障元件,并将故障元件从电力系统中切除是不可能的,因此,目前普遍利用所谓继电保护装置来完成这个任务。

表 1—1　短路故障的示意图、表示符号及一般情况下的概率

继电保护装置,是指能够反应电力系统元件故障和不正常运行状态,并能使断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。这种装置的主要作用是:

(1)当被保护元件发生故障时,能自动、迅速而有选择地借助断路器将故障元件从电力系统中切除,以保证系统的其它元件正常运行,并使故障元件免予继续遭受损坏。

(2)当被保护元件出现不正常运行状态时,保护装置能发出信号,以便值班人员采取有效措施,或由其它自动装置进行自动调整,以消除不正常运行状态。

由此可见,继电保护装置直接关系到电力系统的安全运行。不仅如此,设计、选用完善的继电保护装置,对于进一步提高供电质量也有很大作用。例如,继电保护装置与自动重合闸、备用电源自投、故障点定位等装置的配合使用,可以大大缩短故障停电时间等。但是,如果继电保护装置本身的质量不高或使用维护不当,不仅起不到积极作用,还会给电力系统的安全运行造成不利的影响。

第二节　继电保护的原理与分类

一、继电保护的原理

当电力系统发生故障或出现不正常运行状态时,系统的电气参量将有显著变化。例如:电流增大,电压降低,以及电压与电流之间的相位角改变等。继电保 护装置就是通过测量这些参量的变化来反应故障并构成对电力系统的保护。例如,反应电流增大的电流保护;反应电压降低的电压保护;反应电流增大及电压降低的阻抗保护等。

现以反应电流增大的电流保护为例,说明继电保护的基本原理。图 1—1 所示为电流保护的单相原理示意图。正常时,线路只有负荷电流,因而电流互感器 2 的二次侧电流,亦即流入电流继电器 3 的线圈中的电流 I_K 比较小,所产生的电磁力也较小,故继电器的接点不吸合,保护装置不动作。当电力系统的某一点,例如 k 点发生短路故障时,线路流过很大的短路电流,因此,继电器线圈中的电流增大,所产生的电磁力也增大,此电磁力克服弹簧的反力,吸动继电器的衔铁并带动其接点闭合,断路器的跳闸线圈 5 被接通,跳闸线圈中的铁芯被吸入线圈并撞开锁扣机构 4,断路器 1 立即在跳闸弹簧 7 的作用下,迅速跳闸,将发生故障的线路从电力系统中切除。

图 1—1　电流保护的单相原理示意图
1—断路器;2—电流互感器;3—电流继电器;4—锁扣机构;5—断路器的跳闸线圈;6—断路器的辅助接点;7—跳闸弹簧。

二、继电保护装置的分类

继电保护装置的分类方法通常有以下几种:

根据保护装置反应物理量的不同分为:电流保护、电压保护、距离保护、差动保护和瓦斯保护等。

根据被保护对象的不同分为:发电机保护、输电线保护、母线保护、变压器保护、电动机保护等。电气化铁道牵引供电系统中,主要有 110kV 输电线保护、变压器保护、牵引网保护及补偿电容保护等。

根据保护装置的组成元件不同分为:电磁型、半导体型、数字型及微机保护装置等。

根据保护装置的作用不同可分为:主保护、后备保护,以及为了改善保护装置的某种性能,而专门设置的辅助保护装置等。

三、继电器及其分类

继电器是组成继电保护装置最基本的电气元件,它能够根据输入电量或非电量(如电流、压力等)的变化,接通或断开控制电路,从而实现保护和自动控制的目的。

继电器通常都是由感受元件、比较元件和执行元件三部分组成。如图 1—2 所示。感受元件(例如图 1—1 电流继电器 3 的线圈)用来反应控制量(如电流)的变化情况,并以某种形式传送到比较元件;比较元件(例如图 1—1 中继电器 3 的弹簧)将接受的物理量与某一给定量(即

整定值)进行比较,并根据比较结果作用于执行元件;执行元件(例如图 1—1 中继电器 3 的接点)受到比较元件的作用后,接通被控制电路或使被控元件的状态发生突变,完成该继电器所担负的任务(例如接通跳闸回路或发出信号)。

继电器的种类繁多,而且随着继电保护技术的发展,必然会出现更多的新型继电器。目前常用的继电器,按它们所反应的物理量的不同,可分为电量和非电量两大类。属于非电量的有:反应瓦斯气体的多少和流速的瓦斯继电器;反应气体压力的压力继电器;反应温度的热敏继电器等。

图 1—2　继电保护装置原理方框图

属于电量的种类比较多,通常按继电器的动作原理可分为电磁型、感应型、整流型、晶体管型和数字型等。

(1)电磁型继电器:它是按照电磁原理构成的继电器,继电器的主要元件是电磁铁。

(2)感应型继电器:它是利用电磁铁的磁场与感应导体所产生的磁场二者的相互作用构成的继电器。它比电磁型继电器多一个感应导体。

(3)整流型继电器:它是一种将反应的交流电量整流后再进行比较的继电器。

(4)晶体管型继电器:它是利用晶体管电路构成的继电器。

(5)数字型继电器:它是在测得输入信号后,经振荡器、计数器延时后输出,多数为具有延时性动作的继电器。

目前,电力系统和铁路牵引供电系统所使用的继电器中,电磁型和晶体管型的比较多,感应型继电器已停止生产,数字型继电器是近年来发展起来的一种新型继电器。

上述各种继电器,通常又按它们反应的物理量分为:电流继电器、电压继电器、功率方向继电器、阻抗继电器、同步继电器、差动继电器等。

此外,按继电器的作用又可分为:时间继电器、中间继电器、信号继电器等。

每种继电器通常都可根据其型号辨认它属于哪一种。其型号一般用两个或三个汉语拼音字母和数字组成,例如 DL-31 型继电器,其中字母“D”代表电磁型,“L”代表电流继电器;第一个阿拉伯数码“3”代表设计序号,第二个数码“1”代表有一对常开接点(2 代表一对常闭接点,3 代表一对常开、一对常闭接点等)。常用继电器型号中各字母所代表的意义详见表 1—2。

表 1—2　常用继电器型号中各字母的意义

第一个字母	第二、三个字母
D——“电”磁型	L——电“流”继电器
G——“感”应型	Y——电“压”继电器
L—整“流”型	G——“功”率继电器
B——“半”导体型	Z——“中”间继电器
S——“数”字型	S——“时”间继电器
	X——“信”号继电器
	T——“同”步继电器
	FL——“负”序电“流”继电器
	FY—“负”序电“压”继电器
	CD——“差”动”继电器
	CH——“重”合”闸继电器

第三节　对继电保护装置的基本要求

一套完善的继电保护装置,通常应具备以下四种技术性能,即选择性、速动性、灵敏性和可靠性。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

一、选　择　性

当电力系统某一元件发生故障时，电力系统中很大范围内的电气量都将发生变化，因而，位于此范围内的继电保护装置都有可能动作，这样势必造成大范围的停电。为了使电力系统的停电范围尽可能地缩小，要求保护装置只将发生故障的元件切除掉。保护装置的这种有选择的动作就称为保护装置的选择性。例如，图 1—3 中的 k_3 点短路时，短路电流由电源经过断路器 QF_1～QF_6 流至故障点 k_3，按照选择性的要求，只能首先由距短路点最近的保护装置 6 动作，使断路器 QF_6 跳闸，此时，变电所 C 的母线上仍有电，并照常向其它非故障线路送电。同理，k_2 点短路时，保护装置 5 应首先动作；k_1 点短路时，保护装置 1 和 2 动作等。

选择性的另一个含意是：当由于某种原因，距离短路点最近的保护装置或断路器拒绝动作时，相邻元件的保护装置应起后备作用。保护装置的这种后备作用是十分重要和必不可少的。例如，当 k_3 点短路而保护装置 6 或 QF_6 拒绝动作时，保护装置 5 使 QF_5 跳闸。这种后备作用是通过相邻元件的保护装置实现的，故称为远后备。远后备方式对保护装置、断路器、二次回路或直流电源等故障所造成的拒绝动作，都能起到后备作用。当采用远后备不能满足要求时，还可以采用近后备方式，即每一元件不但有本身的主保护，还另设一套后备保护。

图 1—3　继电保护装置选择性说明图

二、速　动　性

所谓速动性，就是要求继电保护装置能以最短的时间将故障元件从电网上切除。

继电保护装置快速切除故障元件有以下优点：

1. 可以提高电力系统中发电机并联运行的稳定性。如图 1—4 所示，由于短路点 k 距发电机 G_1 较近，G_1 中的母线电压接近于零而卸载，而汽轮机的调速系统又来不及作相应的调整，故发电机 G_1 的转速迅速升高。相反，此时发电机 G_2 的转速却升高较小。这样，两电厂的发电机将产生转速差，亦称转角差。如果短路持续的时间较长，则等到断路器 QF_3 将短路故障切除时，两发电厂同步发电机的转速已相差很大，即所谓失去同步，并使系统产生振荡。此时系统中各点的电流，电压都将随时间发生很大的脉动，影响正常供电，严重时甚至会造成系统解列。如果 QF_3 能迅速切除故障元件，则两电厂同步发电机的转角差将很小，发电机可以自动拉入同步而恢复到稳定运行状态。因此，快速切除故障，是提高系统稳定性，防止系统发生事故的一项重要措施。

图 1—4　短路对并联运行影响说明图

2. 可以减轻短路电流使电气设备损坏的程度，并缩短用户在低电压状态下的工作时间，从而使电动机容易自启动。实际上，快速切除故障元件后，所有未切除的电动机都可以继续运行。

3. 可以防止故障的扩大,提高自动重合闸动作的成功率。由于短路点将产生很大的电弧,短路持续的时间愈长,燃弧的时间愈长,这就有可能使设备绝缘损坏,这样,本来是临时性的故障就可能变为永久性的故障。因此,快速切除故障,不但可以防止事故扩大,而且由于故障点绝缘损坏较小,自动重合闸的成功率就较高。

应该指出:提高保护装置的速动性,往往受到技术条件和经济条件的限制,因此,必须针对不同情况对保护装置的速动性提出合理的要求。例如,一般对于400～500kV 的网络,要求切除故障的时间约为0.1～0.2s;对于110～330kV 的网络为0.15～0.3s;对于 35kV 及以下的网络,一般为0.5～0.7s。但是对于只发出信号的保护装置不要求快速动作,只要求它按照选择性要求延时给出信号。

三、灵　敏　性

继电保护装置的灵敏性(也称为灵敏度),是指在保护范围内发生故障和不正常工作状态时,保护装置的反应灵敏程度。

保护装置灵敏与否,受电力系统运行方式的影响较大,通常在保护装置的整定计算中,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、变压器等都投入时的运行方式,如图 1—5(a)所示。此时系统的发电机容量最大,电压较稳定,而且系统等值阻抗最小,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,如图 1—5(b)所示。此时系统的发电机容量最小,电压不够稳定,而且系统等值阻抗最大,短路电流最小。

图 1—5　系统运行方式

(a)最大运行方式;(b)最小运行方式。

对于反应故障时参数增加的保护装置,在最小运行方式下的灵敏度最低,故通常只检查此种情况下的灵敏度,并且用灵敏系数 K_s 表示。K_s 的计算公式为

$$K_s = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置动作参数的整定值}}$$

例如,过电流保护装置的灵敏系数为

$$K_s = \frac{I_{k\cdot min}}{I_{op}} \tag{1—1}$$

式中　$I_{k\cdot min}$——最小运行方式下保护区末端的最小短路电流;

I_{op}——保护装置的动作电流。

对于反应故障时参数降低的保护装置,在最大运行方式下的灵敏度最低,故通常只检查此种情况下的灵敏度,其灵敏系数 K_s 的计算公式为

$$K_s = \frac{\text{保护装置动作参数的整定值}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最大计算值}}$$

例如,低电压保护装置的灵敏系数为

$$K_s = \frac{U_{op}}{U_{k\cdot max}} \tag{1—2}$$

式中 U_{op}——保护装置的动作电压;

$U_{k\cdot max}$——保护区末端短路时,保护装置安装处母线最大残压值。

显然,上述两种保护装置灵敏系数的值均大于 1,一般在1.2～2 之间。为了保证各种保护装置的灵敏性,《电力设计技术规范》对保护装置的灵敏系数都有严格的规定,其具体数值请参看附表二。

四、可 靠 性

保护装置的可靠性是指被保护范围内发生故障时,保护装置动作的可靠程度。可靠性有两个含义:第一,在保护装置应该动作的情况下,不因保护装置本身的某种原因而拒绝动作(即拒动);第二,在保护装置不应该动作的情况下,不因保护装置本身的某种原因而动作(即误动)。

要求保护装置有很高的可靠性 ,这一点非常重要,因为保护装置拒动会使事故扩大,误动会直接造成停电事故,其结果都有可能给电力系统和用户造成严重的损失。

保护装置不可靠的主要原因为:安装和调试质量不高,运行维护不当,继电器或其它元件质量不高,以及设计计算错误等。为了提高保护装置的可靠性,必须注意以下几点:

(1)提高保护装置安装和调试的质量,加强经常的维护管理;

(2)保护装置应尽可能地简化,采用的继电器及串联的接点应尽可能少;

(3)保护装置应当采用质量高,动作可靠的继电器和元件。

以上四个基本要求是互相联系的,在具体设计和选用保护装置时,应进行综合分析,选取最优方案。例如,为了满足保护装置的选择性,往往就要降低对速动性的要求等。

第四节 电磁型继电器

以电磁铁为主体的继电器统称为电磁型继电器。这种继电器构造简单,便于维护,动作可靠,输出功率大,因此,它不仅是构成电磁型继电保护装置的主要元件,而且在其它类型(例如晶体管型)的继电保护装置中,也常用它作为装置的出口继电器,现就电磁型继电器的原理及常用的几种电磁型继电器介绍如下。

一、电磁型继电器的作用原理

电磁型继电器是通过电磁铁的电磁力使其可动的机械部分运动,并带动继电器的接点转换,实现输出信号的改变(接通或断开外电路)。

由于各种电磁型继电器的用途不同,所要求的性能也不同,因此电磁铁系统的构造也不同。通常制作成图 1—6 所示的三种型式,即螺管线圈式、拍合式和转动舌片式。

但不论何种型式的电磁继电器,基本都由电磁铁心 1、可动衔铁 2、线圈 3、接点 4、反作用弹簧 5、止挡 6 等部分组成。

图 1—6　电磁型继电器原理结构图

(a)螺管线圈式;(b)拍合式;(c)转动舌片式。

1—电磁铁心;2—可动衔铁;3—线圈;4—接点;5——反作用弹簧;6—止挡。

当继电器的线圈接入电流 I_K 时,电磁铁心中就会产生磁通 Φ 和电磁力 F_{em},如果电磁力大于弹簧的反力,则可动衔铁被吸动,并带动继电器的接点切换。

由电工学原理得知,交直流电磁铁的吸力 F_{em} 与磁通密度 B 或磁通 Φ 的平方成正比,其基本表达式为

$$F_{em} = \frac{B^2 S}{2\mu_0} = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S} \tag{1—3}$$

由于磁路存在气隙而不饱和,且线圈的匝数一定,故磁通 Φ 与线圈电流成正比。因此,电磁力 F_{em} 或者电磁力矩 M_{em} 与电流的平方成正比,即

$$M_{em} = KI_K^2 \tag{1—4}$$

式中　S——铁心的截面积;

μ_0——真空的导磁率;

K——比例系数。

式(1—4)说明:

(1)当继电器制成后,在其参数一定的情况下,比例系数 K 为一常数,因此,电磁力矩的大小主要决定于线圈中电流的大小。

(2)当磁路未饱和时,作用在衔铁上的电磁力矩与线圈电流的平方成正比。线圈电流可以是交流,也可以是直流。应注意的是:当线圈接入交流电流时,I_K 是有效值,M_{em} 是平均值。

(3)不论 I_K 是正值或负值,M_{em} 总是正值,即电磁型继电器是没有极性的。

当电磁力矩达到足以克服弹簧的反力矩时,可动衔铁被吸引,带动继电器的接点切换(闭合或断开),这种现象称为继电器动作。

继电器动作后,如果减小电磁力矩,直至小于弹簧的反力矩时,可动衔铁在反力弹簧的作用下返回起始位置,这种现象称为继电器返回。

由于继电器线圈电感的作用,线圈中的电流和磁通的变化都是缓变的。因此,从继电器线圈受电开始,直至达到动作所需要的电磁力矩需要一定的时间,而且,可动衔铁运动直至接点

转换也需要时间,通常把线圈受电至接点转换完成所需的时间称为继电器的固有动作时间。为了提高保护装置的速动性,应尽量减少继电器的动作时间。但在某些情况下,也利用继电器本身的动作时间获得保护装置动作所需要的延时。

常用的电磁型继电器主要有: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。

二、电流继电器

电流继电器是反应电流增大而动作,常用作电流保护的测量元件。

电流继电器的类型很多,但基本结构类同。现以现场使用较多的DL-10系列电流继电器为例简要说明如下。如图1—7所示,图中继电器衔铁为转动舌片式。铁心上有两个电流线圈,以便于根据需要进行串联或并联。当线圈电流增加到一定值时,电磁力矩克服螺旋弹簧(游丝)5的反力矩,使 Z 型衔铁3沿顺时针转动,可动接点8使静接点7闭合(接通),继电器动作。

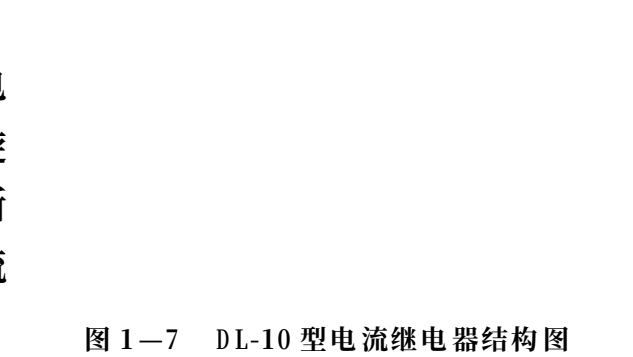


图 1—7　DL-10 型电流继电器结构图

1—线圈;2—电磁铁;3—Z 型衔铁;4—轴;5—反作用弹簧;6—轴承;7—静接点;8—动接点;9—动作电流调节把手;10—标度盘;11—限制螺杆。

能使继电器动作的最小电流,称为继电器的动作电流,用 $I_{op\cdot K}$ 表示。通过旋转调节把手 9,可以调节螺旋弹簧的反力,即可调节动作电流。应该指出:调整把手所指示的动作电流值是一个很不精确的值,实际动作电流只有通过测量求得。

当继电器两线圈并联时,继电器的动作电流较串联时增加一倍。

能使继电器返回的最大电流称为返回电流,用 $I_{re\cdot K}$ 表示。因为继电器动作后,衔铁与铁心间的气隙减小,磁通和电磁力矩增加,故只有比动作电流更小时,弹簧才能克服电磁力矩使衔铁返回。所以返回电流总是小于动作电流。

返回电流与动作电流之比称为返回系数,用 K_{re} 表示,显然

$$K_{re}=\frac{I_{re\cdot K}}{I_{op\cdot K}}<1 \qquad (1—5)$$

通常 K_{re} 在 0.85～0.9 之间。如果此值过大,继电器动静接点之间的压力减小,动作不可靠。但返回系数太小,继电器就不能灵敏返回。

返回系数可通过调节限制螺杆 11 的长度,即改变衔铁动作前后的气隙进行校正。

电流继电器的衔铁采用旋转的 Z 型舌片,其特点是转动惯量少,因而不仅动作功率少,而且由于衔铁极薄,易于饱和,动作后的磁通不会增加太多,故返回电流较大,返回系数较高。

实际使用中,由于转动舌片摩擦阻力矩的增加,致使继电器的动作电流增大,返回电流减小,故继电器的返回系数可能减小,因此需定期测试调整。

电流继电器的接点分常开(动合)和常闭(动断)两种。所谓常开接点,就是指继电器的衔铁未被吸合时,处于断开状态的接点;所谓常闭接点,就是指继电器的衔铁未被吸合时,处于闭合状态的接点。两种接点的图形符号可参看图 1—8。DL 型电流继电器的接点型式与数量见表 1—3。

需要全本请访问 www.ertongbook.com