



高等职业教育“十二五”电类专业系列教材

继电保护 与测控技术

JIDIAN BAOHU YU CEKONG JISHU

马 玲 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

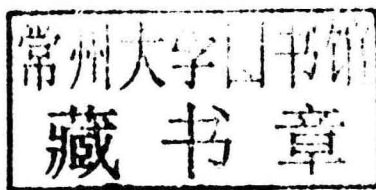


高等职业教育“十二五”电类专业系列教材

继电保护与测控技术

马 玲 主编

王永康 主审



中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为电类相关专业用书,全书共分三篇,十一章。第一篇叙述继电保护的基本知识,内容包括:继电保护技术的基本知识、继电保护与测控装置常用元件、微机保护基础;第二篇是输电线路的保护,内容包括:相间短路电流保护、相间短路的距离保护、电网的接地保护、自动重合闸与备用电源自投;第三篇是牵引变电所微机保护装置的应用,内容包括:变压器保护、牵引变压器微机保护、馈线微机保护测控装置、并联电容补偿装置微机保护。

本书可供高等职业教育电气工程及自动化类相关专业教学用书,也可作为中等职业教育相关专业教学使用,可作现场工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护与测控技术/马玲主编. —北京:中国铁道出版社,2011.8

高等职业教育“十二五”电类专业系列教材

ISBN 978-7-113-12719-0

I. ①继… II. ①马… III. ①继电保护—高等职业教育—教材②测量系统:控制系统—高等职业教育—教材
IV. ①TM77②TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 145267 号

书 名: 继电保护与测控技术

作 者: 马 玲 主编

责任编辑: 阙济存 电话: 010-51873133 电子信箱: td51873133@163.com

教材网址: www.tdjiaocai.com

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 胡明锋

责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 9.5 字数: 229 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-12719-0

定 价: 22.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电 (010) 51873170, 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187

前 言

本教材根据铁道部颁发的铁路职业技术学院《电气化铁道供电专业指导性教学大纲》，配合供电专业的“继电保护及自动装置”课程的需要而编写。

教材结合我国铁路电力与交流电气化铁道的具体现状和实践经验，根据教学大纲的要求，全面介绍了电力系统继电保护的理论知识，如电力线路相间短路的电流保护、电压保护、零序电流保护，距离保护等，包括各种保护的原理分析、典型接线和整定计算。同时针对电气化牵引供电系统，重点介绍了牵引变压器保护、交流牵引网保护、电容补偿装置保护原理及其整定计算原则等。

随着科学技术的飞速发展，电气化铁道供电系统采用技术先进的微机保护技术，教材重点介绍了微型计算机继电保护的基本原理，微机保护装置在实际中的应用技术。教材中电气图形及文字符号均采用了现行国标，对新旧文字符号作了对照说明。

本教材针对高职院校注重培养应用型技术人才的教学需要，紧密结合牵引供电系统现场实际工作，注重实践技能的培养，侧重继电保护装置和自动装置内部结构、外部接线、调试、整定操作等实践知识的介绍。在文字叙述上，也力求适应高职学生的文化程度，由浅入深、通俗易懂，便于自学。教材既可作为高职院校铁道电气化专业教学之用，也可供牵引供电和铁路电力工程技术人员参考学习或作为职工培训教材。

本书由西安铁路职业技术学院马玲主编，王永康主审。全书分为三篇，十一章。第一篇叙述继电保护的基本知识；第二篇叙述输电线路的保护；第三篇叙述牵引变电所微机保护装置的应用。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各自学校教学大纲要求适当取舍。本书编写过程中，得到了西安中铁勘察设计院符得川高级工程师，西安供电段技术科技人员的指导和大力支持，在此表示诚挚的感谢！

由于编者水平有限，教材中的缺点和谬误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者
2011年2月

目 录

第一篇 继电保护基础知识

第一章 继电保护技术的基本知识	1
第一节 概 述	1
第二节 电力系统的短路故障及继电保护的作用	3
第三节 继电保护的基本原理	4
第四节 继电保护装置的类型	5
第五节 继电保护装置的基本要求	7
习题与思考题	9
第二章 继电保护与测控装置常用元件	10
第一节 电磁型继电器	10
第二节 继电保护与测控装置常用的测量元件	17
第三节 电磁型继电器的应用举例	20
第四节 晶体管型继电器	21
第五节 数字型时间继电器	22
习题与思考题	23
第三章 微机保护基础	24
第一节 微机保护技术概述	24
第二节 微机保护装置硬件结构	26
第三节 微机保护的软件系统	32
第四节 微机保护装置的硬件抗干扰措施	34
习题与思考题	36

第二篇 输电线路的保护

第四章 相间短路的电流保护	37
第一节 电流保护装置的接线方式	37
第二节 线路电流保护的构成及整定计算	38
第三节 电流保护的应用——三段式电流保护	41
第四节 三段式电流保护整定实例	43

第五节 电压速断及低电压启动过电流保护	45
第六节 方向电流保护的基本原理	47
习题与思考题	48
第五章 相间短路的距离保护	49
第一节 距离保护的基本原理	49
第二节 利用复数平面分析阻抗继电器	50
第三节 四边形阻抗继电器	52
第四节 阻抗继电器的接线方式	56
第五节 距离保护的整定计算与校验	56
第六节 影响距离保护正确动作的因素及防止方法	58
习题与思考题	61
第六章 电网的接地保护	62
第一节 零序分量的基本概念	62
第二节 三段式零序电流保护的原理	64
第三节 中性点不接地系统的单相接地保护	66
习题与思考题	68
第七章 自动重合闸与备用电源自投	69
第一节 自动重合闸概述	69
第二节 单侧电源线路的三相一次重合闸	70
第三节 双侧电源线路三相一次重合闸	73
第四节 重合闸与继电保护的配合	74
第五节 备用电源自投装置	75
第六节 微机备用电源自投装置应用举例	77
习题与思考题	82

第三篇 牵引变电所微机保护装置的应用

第八章 变压器保护	83
第一节 概 述	83
第二节 变压器的瓦斯保护	84
第三节 变压器纵联差动保护	88
第四节 变压器的其他保护	93
习题与思考题	99
第九章 牵引变压器微机保护	100
第一节 概 述	100
第二节 变压器微机保护装置的硬件构成	101

第三节 变压器微机保护装置·····	102
习题与思考题·····	112
第十章 馈线微机保护测控装置·····	113
第一节 牵引网运行特点及保护方案·····	113
第二节 馈线微机保护测控装置·····	115
习题与思考题·····	126
第十一章 并联电容补偿装置微机保护·····	127
第一节 概 述·····	127
第二节 电容器微机保护装置·····	128
习题与思考题·····	133
附 录·····	134
参考文献·····	142

第一篇 继电保护基础知识

本篇主要论述继电保护的基本概念及构成原理,重点介绍构成保护及测控装置的主要元器件的应用知识,包括各类继电器,电流、电压互感器及变换器,特别是针对目前广泛应用的微型计算机保护的相关基础知识作较详细的介绍。

第一章 继电保护技术的基本知识

第一节 概 述

一、继电保护的概念

电力网络交织密布,运行情况相当复杂,既输送电能造福人类,但也能在瞬间造成重大的电力事故。为保证电力系统安全、稳定地运行,必须配置完善可靠的保护装置、自动测控装置及通信系统以保证电力系统运行的可观测性与可控性,保证电能生产、输送及消耗过程的正常进行以及事故状态下的紧急处理。

所谓继电保护装置,就是当电力系统中的电力元件如发电机、线路、变压器等发生故障,危及电力系统安全运行时,能够直接向断路器发出跳闸命令,同时向运行值班人员及时发出警报信号,以终止故障进一步扩展的自动化装置。

继电保护装置传统上采用的主要元件是继电器,继电器是一种当输入量(如电、磁、声、光、热)达到一定值时,输出量将发生跳跃式变化的自动控制器件,因其在动作过程中会延续传递某一动作信号,电路有自动更替、连续动作的特点,故称为继电器。利用继电器电路的这种相互更替与延续的特点而构成的保护装置也就称为继电保护装置。随着微机保护技术的迅速发展与应用,目前继电保护技术集电力系统的保护、测控、信息储存、传输为一体,为继电保护技术赋予新的内涵。继电保护电路这种特点不再突显,但“继电保护”一词目前仍在继续沿用。

二、继电保护的发展史

19世纪90年代出现了安装于断路器上,并直接作用于断路器的一次式电磁型过电流继电器。20世纪初,随着电力系统的发展,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。1901年出现了感应型过电流继电器,1910年方向性电流保护开始得到应用,同时将电流与电压比较的保护原理提了出来,并在19世纪20年代初出现了距离保护。

随着电力系统载波通信的发展,在1927年前后,出现了利用高压输电线上高频载波电流传送和比较输电线两端功率或相位的高频保护装置。20世纪50年代,微波中继通信开始应

用于电力系统中,从而出现了利用微波传送和比较输电线路两端故障电气量的微波保护。此时也有了利用故障点产生的行波实现快速继电保护的设想,经过 20 余年的研究,终于诞生了行波保护装置。显然,随着光纤通信在电力系统中的大量采用,利用光纤通道的继电保护必将得到广泛的应用。与此同时,构成继电保护装置的元件、材料、保护装置的结构形式和制造工艺也发生了巨大的变革。50 年代以前的继电保护装置都是由电磁型,感应型或电动型继电器组成的,这些继电器统称为机电式继电器。

20 世纪 50 年代初由于半导体晶体管的发展,开始出现了晶体管式继电保护装置,称之为电子式静态保护装置。70 年代是晶体管继电保护装置在我国大量应用的时期,满足了当时电力系统向超高压、大容量方向发展的需要。80 年代后期,静态继电保护开始从第一代晶体管式向第二代集成电路式过渡,目前后者已成为静态继电保护装置的主要形式。

在 60 年代末,提出用小型计算机实现继电保护的设想,由此开始了对继电保护计算机算法的大量研究,对后来微型计算机式继电保护(简称微机保护)的发展奠定了理论基础。70 年代后半期,比较完善的微机保护样机开始投入到电力系统中试运行。80 年代微机保护在硬件结构和软件技术方面已趋于成熟,并已在一些国家推广应用,这就是第三代的静态继电保护装置。

进入 90 年代以来,微机保护装置显示出巨大的优越性和发展潜力,并在电力系统得到了广泛应用,可以说微机保护代表着电力系统继电保护技术的未来,并将成为电力系统保护、控制、运行调度及事故处理的综合自动化系统的重要组成部分。未来继电保护技术正朝着计算机化、网络化,集保护、控制、测量、数据通信一体化和人工智能化的方向发展。

表 1-1 列出各种类型继电保护装置的特点。图 1-1 所示为继电保护原理和结构发展史的进程示意图。

表 1-1 不同类型继电保护装置的优缺点比较

保护装置类型	优 点	缺 点
机电型(1901 年)	简单、可靠、经济性好、技术成熟	动作速度慢、不易实现复杂的保护
晶体管型(1960 年)	动作速度快、可实现较为复杂的保护、比较经济、较易调试	抗干扰性差、元器件多、检修不便
集成电路(1970 年)	动作速度快、可实现较为复杂的保护、比较经济、有自检功能	接线复杂、抗干扰能力差、经济性差
微机型(1972 年)	动作速度快、可实现复杂的保护、自检功能完善、附加功能强、调试方便	受环境影响大,设备维修技术要求高

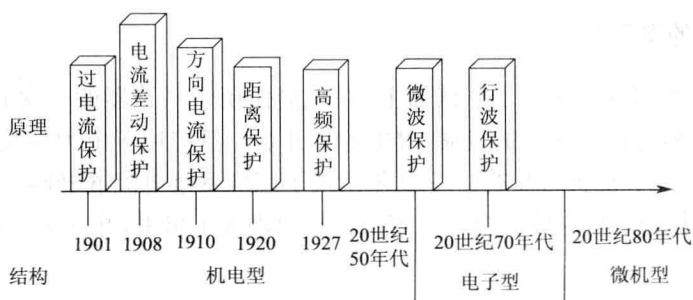


图 1-1 继电保护技术发展简图

总之,继电保护技术的发展推动和完善了电力系统的自动化控制技术,提高了电力系统运行的可靠性,为电力系统安全可靠运行提供了重要保障。

三、继电保护课程的任务

继电保护技术是电力系统自动化的核心技术,其涉及内容十分广泛,包括电工、电子、机械及微型计算机等多门技术,因此它区别于一般的自动化技术而独立发展为一门综合性学科。

本课程通过对电力系统的各类电气设备如:变压器、电容器以及输电线路故障运行的特点和故障时运行参数变化的分析,介绍针对不同保护对象的保护原理、保护方式、原理接线、整定计算、调试及运行操作等内容,使相关技术人员能熟练掌握继电保护技术的基本原理、工作特点、应用方法、运行管理及维护检修等专业技能。

第二节 电力系统的短路故障及继电保护的作用

电力系统是由发电机、输电线路、变压器等电气组成的结构复杂的网络系统,系统中的大量电气设备,尤其是输电线路,经常会受到自然条件的影响,如:冰雪、风雨、雷电、飞鸟等。另外,电气设备在制造、安装和检修过程中难免会留下某些事故隐患,设备在长期运行中也会出现绝缘老化、工作人员误操作等因素,因此电力系统会出现各种故障或不正常运行情况。

一、电力系统的运行状态

电力系统的运行状态分为:正常运行状态、不正常运行状态和故障。

1. 电力系统正常运行状态:是指电力系统中电气设备的工作电流在设定的路径中流动,电气参数、电能质量符合规定要求,电力系统结构有较高的可靠性和经济性的运行状态。

2. 电力系统中不正常运行状态:是指电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但系统还能维持运行的工作状态,如过负荷、频率降低、过电压、电力系统振荡等。

3. 电力系统的故障状态:是指电力系统中设备的正常运行状态遭受破坏而无法正常运行的一种特殊状况,主要有短路和断相故障,其中最危险的故障就是各种形式的短路故障。

短路故障是指不同电位导电部分之间的不正常短接,通常分为三相短路故障、两相短路故障、单相接地故障、单相接地中性点短路、两相接地点短路和两相短路接地故障 6 种形式,如图 1-2 所示。

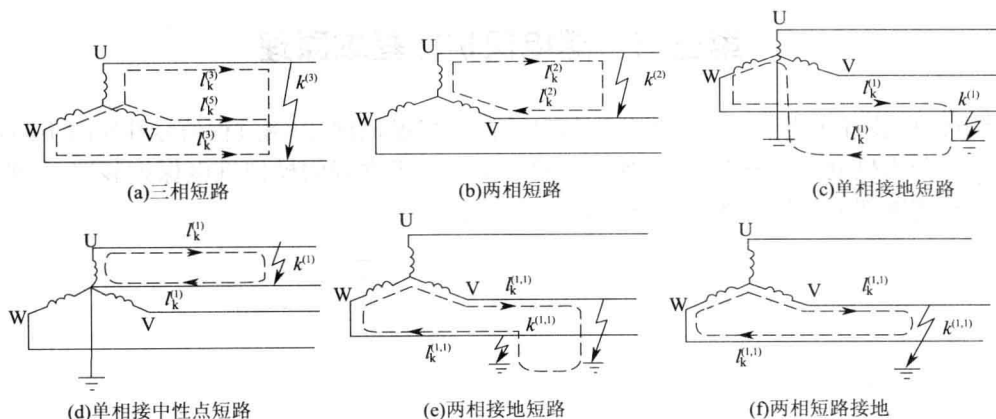


图 1-2 短路的类型

二、短路原因及后果

造成短路的原因很多,主要有以下几种情况:

(1)电气设备载流部分绝缘损坏。

(2)误操作。

(3)飞禽跨接裸导体。

电力系统发生短路,短路电流数值可达数千安到数万安。其数值远远超过导线和设备所允许的电流限度,结果会造成电气设备过热或烧毁,甚至引起火灾。短路的严重后果主要有以下几个方面:

(1)通过故障点很大的短路电流及所燃起的电弧,使故障元件损坏。

(2)短路电流通过非故障元件,由于发热和电动力的作用,使元件损坏或缩短其使用寿命。

(3)电力系统中部分地区的电压大大降低,甚至造成停电事故。

(4)破坏电力系统并列运行的稳定性,引起系统振荡,甚至导致整个系统瓦解。

(5)单相短路时,对附近通信线路,电子设备产生电磁干扰。

当电力系统发生各种类型的短路故障时,就需要有相应的继电保护及测控装置及时将故障元件从系统中切除,并保护其他相关电气设备免受损害。

三、继电保护装置的作用

现代继电保护技术已将电力系统的保护、测控等多种功能集一体,但其核心功能体现为对电力系统的保护,系统运行过程中一旦发生故障,继电保护装置就会作出相应的处理,主要作用表现在以下两个方面:

(1)自动、迅速地监测到各类故障,有选择性地借助断路器将故障元件从电力系统中切除,使故障元件免于继续遭到破坏,其他非故障电气元件迅速恢复正常运行。

(2)反映电气元件的不正常运行状态,发出不同的报警信号,以便值班人员及时作出相应的处理。

总之,继电保护装置能够反映电力系统电气设备的故障和不正常运行状态,并迅速有选择性的作用于断路器将故障从系统中切除,使故障限制在最小范围,保障无故障设备的正常运行,从而提高电力系统运行的可靠性,最大限度向电力用户进行安全可靠地连续供电。

第三节 继电保护的基本原理

继电保护装置相当于一种在线开环的自动控制装置,根据控制过程信号性质的不同,可以分为模拟型(分为机电型和静态型)和数字型两大类。对于常规的模拟继电保护装置,一般包括测量部分、逻辑部分和执行部分,原理如图 1-3 所示。

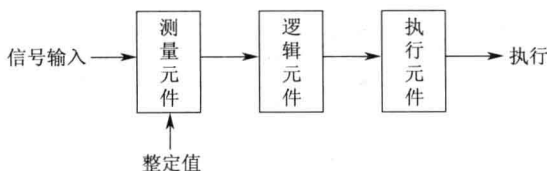


图 1-3 继电保护装置的原理方框图

1. 测量元件:测量被保护对象的有关物理量,并与已给定的整定值进行比较,以判断是否发生故障或不正常运行状态,并根据比较的结果输出逻辑信号,从而判断保护装置是否应该启动。

2. 逻辑元件:根据测量部分各输出量的大小、性质、逻辑关系,判断是否输出动作信号给执行元件。

3. 执行元件:执行部分依据前面环节判断得出的结果,作出相应的故障处理措施。

当电力系统发生故障或不正常运行状态时,系统的运行参数会发生显著的变化,继电保护装置就是实时检测电力系统各种运行的参数,一旦检测到参数的变化、确定电力系统出现故障,即刻发出相应动作命令或告警信号,以便采取各种相应的措施,从而起到对电力系统的保护作用。如反映电流增大而动作的电流保护,反映电压降低而动作的电压保护,反映阻抗下降而动作的阻抗保护,反映电压与电流相位变化而动作的方向电流保护等。

图 1-4 所示为电流保护装置的工作原理示意图。

图中输电线路上设置了电流保护装置,其中电流互感器 2 的作用是检测线路电流值,并将线路中的大电流转换为小电流输送给电流继电器 3。正常运行时,线路中通过负荷电流,电流较小,电流互感器二次侧电流也较小,保护装置保持不动作状态;一旦线路发生短路故障,线路中的短路电流迅速增加,此时通过电流互感器二次侧流入继电器的电流随之增大,即继电器线圈的电流增大,产生的电磁力也随之增大,较大的电磁力吸动继电器的衔铁动作并使继电器的常开接点闭合,断路器的跳闸线圈 5 受电,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 在跳闸弹簧 7 的弹力作用下迅速跳闸,从而将故障从电力系统中切除。断路器的辅助接点 6 与断路器的动作是同步的,当断路器跳闸后,辅助接点 6 同时断开,以避免断路器跳闸线圈长时间通电而烧损。

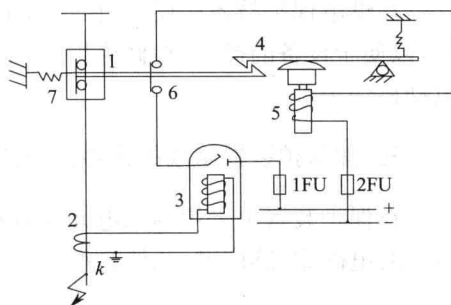


图 1-4 电流保护原理示意图

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

第四节 继电保护装置的类型

继电保护装置的内部结构、工作原理、保护对象等形式繁多,装置类型也就多样化,主要分类方法有以下几种。

一、按保护装置反映的物理量分类

保护装置检测电力系统的物理量各不相同,根据保护装置所反映的物理量可以分为:电流保护、电压保护、阻抗保护、零序保护、电流方向保护、差动保护、瓦斯保护等。

通过检测各种状态下被保护元件所反映的各种物理量的变化并予以鉴别,保护内部对不同的物理量有一个界定系统正常与否的的整定值,以便对测量量进行故障与否的判断。保护装置反映的物理量又分为两种。

1. 反映电气量

电力系统发生故障时,线路电流增大、电压降低、电流与电压的比值(阻抗)和它们之间的

相位角都会发生不同的变化等。因此,在被保护元件的首端装设各种变换器用作测量、比较并鉴别出故障时这些基本参数与正常运行时的差别,这样根据测量的电气参数不同来构成各种不同原理的继电保护装置,如:电流保护、电压保护、距离(阻抗)保护等;若反映电气量增大而动作称为过值保护,如:过电流保护、差动电流保护;反之,称为欠值保护,如:欠压保护、阻抗保护等。

2. 反映非电气量

对某些电气设备,例如变压器等,除了对其电气量进行测量之外,还需对其内部温度、压力、气流等非电气量进行检测。从而构成温度及反映气体的压力、流量等非电气量的保护,例如:电力变压器的温度保护、压力保护、瓦斯保护等。

二、按保护装置的保护对象分类

在继电保护技术应用中,往往对不同的被保护对象设计相应的成套保护装置,独立安装运行,以便于设备的操作,检修维护等,例如:发电机保护、输电线路保护、变压器保护、母线保护、电动机保护等。

三、按保护装置组成的元件类型分类

在保护装置中采用的机电元件各不相同,根据装置中元件的不同类型对保护装置进行分类,如:电磁型、感应型、晶体管型、集成电路型、微机型保护等。

四、按保护装置所反映故障类型分类

保护装置的针对性很强,可以反映不同的故障类型,因此又可分为:相间短路保护、接地故障保护、匝间短路保护、断线保护、失步保护、失磁保护及过励磁保护等。

五、按保护装置所起的作用分类

保护装置设置的作用各不相同,可分为:主保护、后备保护、辅助保护等。

1. 主保护,满足系统稳定和设备安全要求,能以最快速度有选择地切除被保护设备和线路故障的保护。

2. 后备保护,主保护或断路器拒动时用来切除故障的保护。后备保护又分为远后备保护和近后备保护两种。远后备保护是当主保护或断路器拒动时,由相邻电力设备或线路的保护来实现的后备保护;而近后备保护是当主保护拒动时,由本电力设备或线路的另一套保护来实现后备的保护;当断路器拒动时,由断路器失灵保护来实现后备保护。

3. 辅助保护,为补充主保护和后备保护的性能或当主保护和后备保护退出运行而增设的简单保护。

根据保护装置的分类不同,认知现场保护装置时应了解以下基本方面:

- (1) 继电保护的對象,如:变压器、线路、电容器等;
- (2) 保护方式的类型及接线方式,保护测量的电气量及非电气量;
- (3) 保护装置组成元件的类型,保护原理接线图等。

例如牵引变电所的继电保护装置中,根据被保护的對象主要有:牵引变压器保护、馈线保护、电容器保护;牵引变压器保护中采用的保护方式主要有:差动保护、瓦斯保护、过负荷保护、过电流保护等;馈线保护主要采用的保护有:阻抗保护(主保护)、电流保护(后备保护)等,并已

广泛采用微机保护技术。

第五节 继电保护装置的基本要求

继电保护装置是电力系统重要的组成部分,性能良好的继电保护装置对电力系统的安全可靠运行起到非常重要的作用。国家制定相关的行业规程《继电保护和安全自动装置技术规程》对继电保护的技术要求有严格的规定,其中最基本的要求是:继电保护装置必须满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性的四个基本要求,这四个基本要求之间紧密联系,既矛盾又统一。

一、选择性

选择性是指当电力系统发生故障时,保护装置动作仅将故障设备切除,当故障设备或线路本身的保护或断路器拒动时,才允许由相邻设备、线路的保护或断路器失灵保护切除故障。故选择性的目的是保证系统中无故障设备仍能继续运行、使停电范围尽量缩小。

当电力系统的某元件发生故障时,在很大范围内的电气量都会随之发生变化,因而该范围相应的保护装置都会检测到故障的存在,同时也有可能动作,如果这样将会引起电力系统大范围停电。为了使故障影响的范围尽可能小,则要求距离故障元件最近的保护装置动作将故障切除,保护装置这种有选择性的动作就称为保护的选择性。为保证选择性,相邻设备和线路保护装置的动作值及动作时间应相互配合。现以图 1-5 为例进行说明。

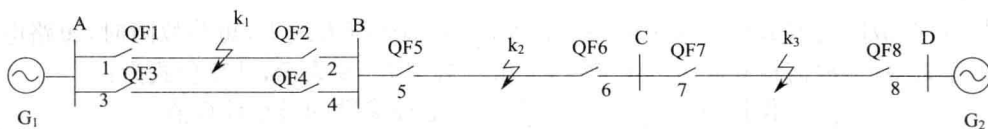


图 1-5 线路保护示意图

当 k_1 点短路时,保护 1、2 动作→断路器 QF1、QF2 跳闸,保护有选择性;当 k_2 点短路时,保护 5、6 动作→断路器 QF5、QF6 跳闸,保护有选择性;而当 k_3 点短路时,若保护 7 拒动或断路器 QF7 拒动,保护 5 动作→跳闸 QF5(有选择性);若保护 7 和断路器 QF7 正确动作于跳闸,而保护 5 也动作→断路器 QF5 跳闸,则保护 5 为误动,或称保护误动作。

总之,选择性就是故障点在动作区内动作,在动作区外不动作。当主保护未动作时,由近后备或远后备切除故障,远后备保护比较完善且实现简单、经济,但远后备保护切除故障的时间较长,在高压电网中,应特别注重提高主保护动作的可靠性。

二、速动性

速动性是指保护装置应以最短的时间切除短路故障。提高速动性主要有以下优点:

1. 能够提高电力系统中发电机并联运行的稳定性。
2. 可以降低短路电流对电气设备损害的程度。
3. 可以防止故障扩大,提高自动重合闸动作的成功率。

继电保护装置切除故障的时间为:

$$t = t_{op} + t_{QF} \quad (1-1)$$

式中 t_{op} ——保护动作时间;

t_{QF} ——断路器动作时间。

一般的快速保护动作时间为 0.04~0.08 s,最快的可达 0.01~0.02 s。而一般断路器的动作时间为 0.06~0.15 s,最快的可达 0.02~0.06 s。因此保护装置与断路器配合切除故障的最快时间为:0.03~0.08 s。

在实际应用中,保护装置速动性的提高往往受到各种限制,因此对不同情况的保护装置,其速动性的要求不尽相同,例如:对 400~500 kV 的电力网路,要求切除时间为 0.1~0.2 s,对 110~330 kV 的网络要求为 0.15~0.3 s,对 35 kV 及以下的网络一般要求为 0.5~0.7 s,对于只发出预警信号的保护装置不要求速动性,只要求它按照选择性给出信号即可。

三、灵敏性

继电保护的灵敏性是指继电保护装置对设计要求动作的故障和异常状态能够可靠动作的能力。即在保护范围内发生故障或不正常运行状态时,保护装置的反映灵敏度。

保护装置的灵敏性受电力系统运行方式影响很大,这是因为系统在最大运行方式情况下,并联发电机组和并联线路最多,系统阻抗最小,短路电流大,电压降幅较小;反之,在最小运行方式下,系统阻抗大,短路电流小,电压降幅较大。

灵敏性是用灵敏系数来表示,所谓灵敏系数是指故障时保护装置测量的故障量与给定的装置启动值之比,它是校验继电保护灵敏性的具体指标。在保护装置中,灵敏系数应根据实际最不利的运行方式、故障类型及短路点位置进行校验计算。对于过值保护和欠值保护,其灵敏系数的计算方法不相同。

对于反映故障时参数增加的过值保护装置,在最小运行方式下,短路故障时,短路电流最小,灵敏系数最低,故需检验此时的灵敏度,灵敏系数用 K_s 来表示,计算公式为:

$$K_s = \frac{\text{保护范围末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护的動作参数}} \quad (1-2)$$

例如,过电流保护装置的灵敏系数为:

$$K_s = \frac{I_{k \cdot \min}}{I_{op}} \quad (1-3)$$

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。

对于反映故障时参数降低的欠值保护装置,在最大运行方式下,短路后电压降低程度较小,故需检验此时的灵敏系数是否满足要求,灵敏系数的计算公式为:

$$K_s = \frac{\text{保护的動作参数}}{\text{保护范围末端金属性短路时故障参数的最大计算值}} \quad (1-4)$$

例如:低电压保护装置的灵敏系数为:

$$K_s = \frac{U_{op}}{U_{k \cdot \max}} \quad (1-5)$$

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,保护装置安装处的最大残压。

以上灵敏系数均大于 1,一般要求在 1.2~2 之间,在《继电保护和安全自动装置技术规程》中,对各类保护的灵敏系数都作了具体规定。

四、可靠性

继电保护装置的可靠性是指被保护范围发生故障时,保护装置动作的可靠程度,可靠性是

对继电保护装置性能的最根本的要求。它的含义包括可信赖性和安全性两个方面,可信赖性要求继电保护在异常或故障情况下,能准确地按照设计要求动作,即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;安全性要求继电保护在非设计所要求动作的所有情况下,能够可靠地不动作,即在保护装置不应该动作的情况下,不因保护装置本身的原因而动作。

总之,可靠性要求保护装置不拒动,也不误动,拒动会使事故范围扩大,误动会造成无事故停电,其结果都会给电力系统和用户造成严重的损失。

影响保护装置不可靠的因素有:继电器或元件可靠性不高、结构设计的不合理、安装和调试运行维护不当、设计整定计算不准等。

提高保护装置可靠性的措施主要有如下几点:

1. 选用适当的保护原理,在可能条件下尽量简化接线,减少元器件和接点的数量;
2. 提高保护装置元器件质量和工艺水平,并有必要的抗干扰措施;
3. 提高保护装置安装和调试的质量,并加强维护和管理;
4. 采取保护装置多重化。

以上 4 个基本要求是继电保护装置性能设计要解决的基本问题,也是贯穿继电保护技术的一个基本线索。继电保护装置的科研开发、设计、制造和运行过程都是紧紧围绕着如何更好地满足这 4 个基本要求、并为解决好它们之间的矛盾而展开的,因此在本课程的学习中应注重着重从这一角度分析和思考。

习题与思考题

1. 继电保护技术的发展经历了哪些阶段?各有什么特点?
2. 短路故障形式有哪些?短路故障的原因是什么?
3. 继电保护装置的作用是什么?
4. 继电保护装置由哪几部分构成?各有什么作用?
5. 继电保护装置是如何分类的?
6. 电力系统对继电保护的基本要求是什么?
7. 什么是继电保护的选择性和灵敏性?
8. 在最大运行方式下,过电流保护和欠压保护的灵敏性有何不同,为什么?
9. 提高保护装置可靠性的措施主要有哪些?

第二章 继电保护与测控装置常用元件

第一节 电磁型继电器

继电保护与测控装置内部元件结构、保护测控功能实现的技术方法有很多种,传统分立元件式的继电保护装置是以继电器为主要元件来完成各种保护功能,本节主要介绍各种电磁型继电器的结构原理和作用。

电磁型继电器是继电保护装置较为早期的应用形式,它是利用电磁原理构成的,由于其原理结构简单、工作可靠等优点,至今仍广泛地应用于保护装置中。按结构不同通常可分为螺管线圈式、拍合式和转动舌片式 3 种类型。

现以图 2-1 所示螺管线圈式为例,说明电磁型继电器的基本结构及工作原理。继电器内部主要有反作用力弹簧 1、铁芯 2、线圈 3、接点 4 及可动衔铁 5 等部分组成。

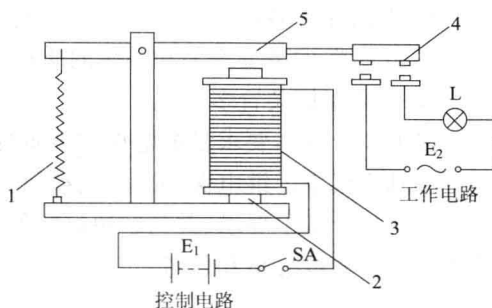


图 2-1 电磁型继电器的工作原理示意图

1—反作用力弹簧;2—铁芯;3—线圈;4—接点;5—衔铁

当线圈通过一定电流时,电磁铁芯就会产生磁通和电磁力,当电磁力大于弹簧的反作用力时,则可吸动衔铁动作,并通过接点闭合,进行电路的切换;而当线圈电流减小时,产生的电磁力减小,衔铁返回,接点断开,这样就完成了电路的转换、控制功能。

由此可见电磁型继电器是通过电磁力使可动机械部分动作,并带动继电器的接点转换,从而实现输出信号的改变。这种有机械触点的继电器元件又称为有触点元件,由于通过继电器接点的电流一般比较小,故不需要灭弧装置。

一、电磁型电流、电压继电器

电流、电压继电器是应用最广泛的继电器,通常作为继电保护和测控装置中的测量和判断元件,在保护中起着十分重要的作用。

1. 电磁型电流继电器

电流继电器的文字符号通常表示为 KA,继电器机芯部分如图 2-2 所示,机芯采用插拔式固定在底座盘上。图 2-3(a)为电流继电器外观及内部结构图,继电器的外壳采用带有透明塑料盖的胶木或塑料,透过塑料盖直接观察到继电器的整定范围,继电器检查时可卸下外壳,拔出机芯。

图 2-3(b)中继电器的结构采用转动舌片式,即衔铁采用转动灵活的 Z 形舌片 3。电流继电器的线圈粗而少,阻抗很小,串联于电路中。

继电器的接点有常开接点、常闭接点两种类型。当继电器的衔铁未被吸合时,处于断开的接点称为常开接点,反之此时处于闭合的接点称为常闭接点;当继电器动作衔铁吸合