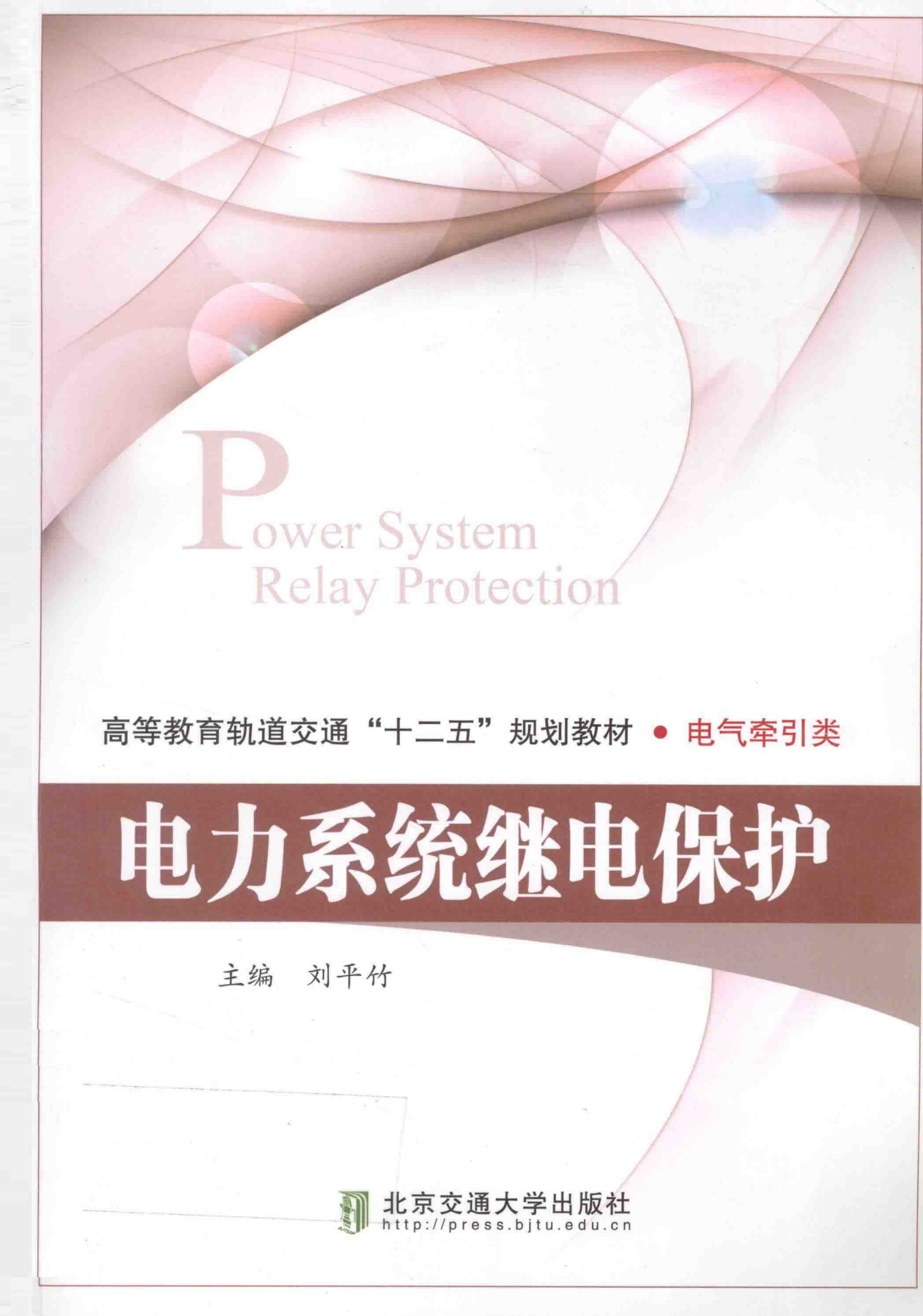




P ower System Relay Protection

高等教育轨道交通“十二五”规划教材 • 电气牵引类

电力系统继电保护

主编 刘平竹



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·电气牵引类

电力系统继电保护

刘平竹 主编

北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书从常规继电保护最基本的概念、原理、计算出发,全面系统地讲述了继电保护的系统理论。全书共分12章,内容包括:绪论、电力系统继电保护的基本概念和构成常规继电保护装置的基本元件;输电线路的继电保护,包括输电线路相间短路的电流电压保护、输电线路相间短路的方向电流保护、输电线路接地短路的零序电流保护、输电线路的距离保护及输电线路的纵联保护;电力变压器保护、母线保护、发电机的保护、自动重合闸、电动机和电容器的保护。

本书的主要内容是电力系统设备的故障保护原理和装置构成及整定计算,故障理论分析力求深入浅出,重点突出,理论结合实际。图形、文字符号采用业界最为普遍使用的标准,并给出了与新国家标准的对照。

本书最大特色是内容从简单到复杂,层次分明,纲要清晰。为了使学习者更好地掌握本书内容,给出了几乎涵盖全部主要内容的复习参考题,增添了大量有关整定计算的题例。

本书主要是为普通高等学校“电力系统及其自动化”、“电气工程及其自动化”、“电力系统继电保护”、“发电厂及电力系统”专业方向提供本科教学教材,也可用作远程教学和继续再教育培训教材,还可供从事继电保护工作的科技人员作参考。

版权所有,侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护/刘平竹主编. —北京:北京交通大学出版社,2012.10
高等教育轨道交通“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5121-1221-6

I. ①电… II. ①刘… III. ①电力系统-继电保护-高等学校-教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第233409号

责任编辑:吴嫦娥 特邀编辑:李晓敏

出版发行:北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京时代华都印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:18 字数:443千字

版 次:2012年10月第1版 2012年10月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1221-6/TM·47

印 数:1~3000册 定价:36.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·电气牵引类

编 委 会

顾 问：施仲衡

主 任：司银涛

副 主 任：陈 庚 姜久春

委 员：(按姓氏笔画排序)

方 进 王立德 刘文正

刘慧娟 吴俊勇 张晓冬

周 晖 黄 辉

编委会办公室

主 任：赵晓波

副 主 任：孙秀翠

成 员：(按姓氏笔画排序)

吴嫦娥 郝建英 高 琦 徐 琤

出版说明

为促进高等轨道交通专业电力牵引类教材体系的建设,满足目前轨道交通类专业人才培养的需要,北京交通大学电气工程学院、远程与继续教育学院和北京交通大学出版社组织以北京交通大学从事轨道交通研究教学的一线教师为主体、联合其他交通院校教师,并在有关单位领导和专家的大力支持下,编写了本套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材”。本套教材的编写突出实用性。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”的原则,侧重实际工作岗位操作技能的培养。为方便读者,本系列教材采用“立体化”教学资源建设方式,配套有教学课件、习题库、自学指导书,并将陆续配备教学光盘。本系列教材可供相关专业的全日制或在职学习的本专科学生使用,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。本系列教材得到从事轨道交通研究的众多专家、学者的帮助和具体指导,在此表示深深的敬意和感谢。本系列教材从2012年1月起陆续推出,首批包括:《电路》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》、《工程电磁场》、《电机学》、《电力牵引控制系统》、《电力系统分析》、《电力系统继电保护》、《高电压技术》、《牵引供电系统》、《城市轨道交通供电》。希望本套教材的出版对轨道交通的发展、轨道交通专业人才的培养,特别是轨道交通电气牵引专业课程的课堂教学有所贡献。

编委会
2012年8月

总 序

我国是一个内陆深广、人口众多的国家。随着改革开放的进一步深化和经济产业结构的调整,大规模的人口流动和货物流通使交通行业承载着越来越大的压力,同时也给交通运输带来了巨大的发展机遇。作为运输行业历史最悠久、规模最大的龙头企业,铁路已成为国民经济的大动脉。铁路运输有成本低、运能高、节省能源、安全性好等优势,是最快捷、最可靠的运输方式,是发展国民经济不可或缺的运输工具。改革开放以来,中国铁路积极适应社会的改革和发展,狠抓制度改革,着力技术创新,抓住了历史发展机遇,铁路改革和发展取得了跨越式的发展。

国家对铁路的发展始终予以高度重视,根据国家《中长期铁路网规划》(2005—2020年),到2020年,中国铁路网规模达到12万千米以上。其中,时速200千米及其以上的客运专线将达到1.8万千米。加上既有线提速,中国铁路快速客运网将达到5万千米以上,运输能力满足国民经济和社会发展的需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。铁路是个远程重轨运输工具,但随着城市建设和经济的繁荣,城市人口大幅增加,近年来城市轨道交通也正处于高速发展时期。

城市的繁荣相应带来了交通拥挤、事故频发、大气污染等一系列问题。在一些大城市和一些经济发达的中等城市,仅仅靠路面车辆运输远远不能满足客运交通的需要。城市轨道交通节约空间、耗能低、污染小、便捷可靠,是解决城市交通的最好方式。未来我国城市将形成地铁、轻轨、市域铁路构成的城市轨道交通网络,轨道交通将在我国城市建设中起着举足轻重的作用。

但是,在我国轨道交通进入快速发展的同时,解决各种管理和技术人才匮乏的问题已迫在眉睫。随着高速铁路和城市轨道新线路的不断增加以及新技术的开发与引进,管理和技术人员的队伍需要不断壮大。企业不仅要对新员工进行培训,对原有的职工也要进行知识更新。企业急需培养出一支能符合企业要求、业务精通、综合素质高的队伍。

北京交通大学是一所以运输管理为特色的学校,拥有该学科一流的师资和科研队伍,为我国的铁路运输和高速铁路的建设作出了重大贡献。近年来,学校非常重视轨道交通的研究和发展,建有“轨道交通控制与安全”国家级重点实验室、“城市交通复杂系统理论与技术”教育部重点实验室,“基于通信的列车运行控制系统(CBTC)”取得了关键技术研究的突破,并用于亦庄城轨线。为解决轨道交通发展中人才需求问题,北京交通大学组织了学校有关院系的专家和教授编写了这套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材”,以供高等学校学生教学和企业技术与管理人员培训使用。

本套教材分为交通运输、机车车辆、电气牵引和土木工程四个系列，涵盖了交通规划、运营管理、信号与控制、机车与车辆制造、土木工程等领域，每本教材都是由该领域的专家执笔，教材覆盖面广，内容丰富实用。在教材的组织过程中，我们进行了充分调研，精心策划和大量论证，并听取了教学一线的教师和学科专家们的意见，经过作者们的辛勤耕耘以及编辑人员的辛勤努力，这套丛书才得以成功出版。在此，向他们表示衷心的感谢。

希望这套系列教材的出版能为我国轨道交通人才的培养贡献绵薄之力。由于轨道交通是一个快速发展的领域，知识和技术更新快，教材中难免会有诸多的不足和欠缺，在此诚请各位同仁、专家予以不吝批评指正，同时也方便以后教材的修订工作。

编委会
2012 年 8 月

前 言

随着电力系统及电力系统继电保护的迅速发展,新的继电保护原理和继电保护装置不断涌现,但关于继电保护最基本的知识仍然是学习者从事该行业所必须掌握的。本书从常规的继电保护最基本的概念、原理、计算出发,全面系统讲述了继电保护的系统理论。

本书共分12章。绪论,重点介绍了继电保护的基本概念、基本任务、构成原理和基本要求;第1章是继电保护装置的基本元件,讲述保护用电力互感器和输入变换器及构成常规保护装置常用的电磁式继电器等;第2章介绍了输电线路的电流电压保护的工作原理、接线原理图及整定计算,包括反时限电流保护的一些基本概念;第3章介绍了输电线路的方向电流保护的工作原理、接线原理图及整定计算;第4章介绍了输电线路的接地保护在不同接地电网中的应用方法;第5章介绍了输电线路的距离保护的原理、构成、延时特性、整定计算,并分析了阻抗测量元件的动作特性、动作方程及影响距离保护正确动作的各种因素;第6章介绍了输电线路的纵联保护,包括纵差保护、横差保护及高频保护。针对输电线路配置的各种不同类型的保护原理、接线、分析和整定计算,介绍了常规继电保护的主要保护类型。第7章介绍了变压器的保护配置,包括瓦斯保护、纵差保护和各种电流电压保护;第8章母线保护;第9章发电机保护及第11章的电动机和电容器组保护,其基本原理都来自于输电线路的保护,只是针对不同设备具体情况具体处理而已。第10章主要介绍了自动重合闸的作用、基本要求、基本类型、配置原则等概念及三相一次自动重合闸、自动重合闸与继电保护间的配合等,并简要介绍了单相重合闸和综合重合闸的基本概念。

本书在讲述继电保护基本知识的同时,还配备有相当数量的例题,以便学习者方便掌握保护装置的整定方法和计算。同时还编制了复习参考题以加强教材的实践性及对基本知识全面系统的掌握。

继电保护是一门实践性很强的技术,继电保护问题的解决既需要科学的理论,也需要处理工程问题的技巧。本书通过对继电保护的一些基本原理及保护装置的整定原理和方法介绍,使学习者领会继电保护的基本理论,掌握从事继电保护事业的基本方法。

本书是普通高等学校电力工程类的专业课教材,也可作为从事电力系统运行、管理的技术人员的专业读物,以及从事继电保护和安全自动装置工作的技术人员的专业培训教材。

本书由北京交通大学刘平竹老师编著,由于时间仓促及编写水平有限,书中难免存在不妥甚至错误,敬请各位同行批评和指正。在此向所有支持和帮助完成本书的各位同仁表示衷心的感谢,也要感谢书中所引用的参考资料的各位作者。

编 者
2012年7月

本书使用的设备名称符号

序号	名称	符号	序号	名称	符号
1	电源、发电机	G	31	控制回路电源小母线	WC
2	变压器	T	32	闪光电源小母线	WF
3	电动机	M	33	交流脱扣器	OR
4	输电线路	WL	34	自动重合闸装置	AAR
5	断路器、隔离开关	QF、QS	35	继电器	K
6	熔断器	FU	36	电流继电器	KA
7	电流互感器	TA	37	零序电流继电器	KA ₀
8	零序电流滤过器	TA ₀	38	负序电流继电器	KA ₂
9	负序电流滤过器	TA ₂	39	电压继电器	KV
10	电压互感器	TV	40	零序电压继电器	KV ₀
11	零序电压滤过器	TV ₀	41	负序电压继电器	KV ₂
12	负序电压滤过器	TV ₂	42	功率方向继电器	KPD
13	合闸线圈	KO	43	零序功率方向继电器	KPD ₀
14	跳闸线圈	YR	44	负序功率方向继电器	KPD ₂
15	电压变换器	UV	45	阻抗继电器	KR
16	电流变换器	UA	46	差动继电器	KD
17	阻抗变换器	UX	47	信号继电器	KS
18	连接片	XB	48	中间继电器	KM
19	按钮	SB	49	保护出口中间继电器	KOM
20	控制开关	SA	50	时间继电器	KTM
21	指示灯	HL	51	极化继电器	KP
22	红灯、绿灯	HR HG	52	闭锁继电器	KL
23	二极管	VD	53	防跳继电器	KFJ
24	稳压管	V	54	加速继电器	KAC
25	整流管	U	55	跳闸位置继电器	KCT
26	三极管	VT	56	重合闸继电器	KRC
27	电容器	C	57	同步检定继电器	KJJ
28	电阻器	R	58	直流电源监视继电器	KSF
29	电感、电抗器	L	59	绝缘监视继电器	KSI
30	信号回路电源小母线	WS	60	电流相位比较继电器	KPC

本书使用的系数名称符号

序号	名称	符号	序号	名称	符号
1	可靠系数	K_{rel}	8	电压互感器电压比	K_{TV}
2	返回系数	K_{re}	9	非周期分量系数	K_{aper}
3	灵敏系数	K_{sen}	10	配合系数	K_{met}
4	电动机自启动系数	K_{Ms}	11	接线系数	K_c
5	分支系数	K_{bra}	12	误差系数	K_{eer}
6	同型系数	K_{ss}	13	电压变换器的电压比	K_U
7	电流互感器电流比	K_{TA}	14	电流或阻抗变换器变换系数	$K_I、\dot{K}_I$

本书使用的下角标名称符号

序号	名称	符号	序号	名称	符号
1	动作	act	17	短路	d
2	整定	set	18	差动	cd
3	灵敏	sen	19	平衡	ph
4	额定	N	20	非周期	np
5	最大	max	21	正序或标号	1
6	最小	min	22	负序或标号	2
7	短路点	k	23	中性线或零序	N、0
8	继电器	K	24	剩余或残余	rest
9	继电器输入	r	25	不平衡	unb
10	线路	l	26	非全相	unc
11	负荷	L	27	一次侧三相	A、B、C
12	非故障	unf	28	二次侧三相	a、b、c
13	返回	re	29	误差	eer
14	制动	ret	30	励磁涌流	exs
15	可靠	rel	31	配合	met
16	制动	zh			

目 录

绪论	1	保护的评价	76
0.1 继电保护的含意和基本任务	1	复习参考题	76
0.2 继电保护的基本原理和构成	2	第4章 输电线路接地短路的零序	
0.3 继电保护的分类和基本要求	3	电流保护	78
0.4 继电保护的发展简史	6	4.1 中性点直接接地电网接地	
复习参考题	7	故障特点	78
第1章 继电保护的基本元件	8	4.2 中性点直接接地电网的零序	
1.1 互感器	8	电流保护	81
1.2 变换器	15	4.3 中性点直接接地电网的零序	
1.3 零序分量滤过器	17	方向电流保护	88
1.4 常用电磁型继电器	20	4.4 中性点非直接接地电网的	
复习参考题	29	接地保护	92
第2章 输电线路相间短路的电流		4.5 单相接地短路的零序电流	
电压保护	31	保护评价	100
2.1 电流速断保护	31	复习参考题	102
2.2 限时电流速断保护	34	第5章 输电线路的距离保护	104
2.3 过电流保护	37	5.1 距离保护的基本原理	104
2.4 三段式电流保护	41	5.2 阻抗继电器	109
2.5 反时限过电流保护	45	5.3 阻抗继电器的接线	119
2.6 电流电压联锁速断保护	48	5.4 影响距离保护正确动作	
2.7 电流、电压保护评价	51	的因素	124
复习参考题	52	5.5 距离保护的整定计算	130
第3章 输电线路相间短路的方向		5.6 距离保护的评价	137
电流保护	55	复习参考题	138
3.1 方向电流保护的工作原理	55	第6章 输电线路的纵联保护	140
3.2 功率方向继电器	58	6.1 纵联保护的基本概念	140
3.3 功率方向继电器的接线方式	66	6.2 输电线路纵联差动保护	142
3.4 非故障相电流的影响及		6.3 输电线路高频保护	148
按相启动	70	复习参考题	155
3.5 方向电流保护的整定计算	72	第7章 电力变压器保护	157
3.6 电网相间短路方向过电流		7.1 电力变压器保护概述	157

7.2 变压器的瓦斯保护.....	158	第 10 章 自动重合闸	227
7.3 变压器的电流速断保护.....	160	10.1 自动重合闸概述	227
7.4 变压器的纵联差动保护.....	161	10.2 单侧电源线路三相一次 自动重合闸	229
7.5 变压器的电流和电压保护.....	174	10.3 双侧电源线路三相一次 自动重合闸	235
7.6 变压器的过励磁保护.....	182	10.4 自动重合闸与继电保护 的配合	237
复习参考题	184	10.5 综合自动重合闸	238
第 8 章 母线保护	186	复习参考题	241
8.1 母线保护配置原则.....	186	第 11 章 电动机和电容器的保护	242
8.2 完全电流差动母线保护.....	187	11.1 电动机保护概述	242
8.3 电流比相式母线差动保护.....	189	11.2 电动机相间故障保护	243
8.4 双母线同时运行时的母线 保护.....	192	11.3 电动机接地故障保护	248
8.5 断路器失灵保护.....	199	11.4 电动机过负荷保护	248
复习参考题	199	11.5 电动机低电压保护	249
第 9 章 发电机的保护	201	11.6 同步电动机失步保护	251
9.1 发电机保护的设置.....	201	11.7 电力电容器保护	252
9.2 发电机定子绕组相间短路的 纵联差动保护.....	203	复习参考题	257
9.3 发电机定子绕组匝间短路的 横差保护.....	209	附录 A 模拟试题	259
9.4 发电机定子绕组单相接地 保护.....	213	A1 模拟试题一	259
9.5 发电机励磁回路接地保护.....	217	A2 模拟试题二	264
9.6 发电机的其他保护.....	219	附录 B 几种常用继电器的技术数据 ..	269
复习参考题	226	参考文献	274

绪 论

【本章内容概要】

继电保护装置是能反映电力系统中电气设备发生故障或是不正常运行状态，并动作于断路器跳闸或是发出指示信号的一种自动装置。首先讲述的是继电保护的基本概念及基本任务，而后讲述的是继电保护装置的基本原理和基本构成，在此基础上，讲述了继电保护的分类及对继电保护装置的基本要求。最后，本章简单地回顾了继电保护的发展历史。

【本章学习重点与难点】

学习重点：继电保护的基本任务、基本原理和基本构成及对继电保护装置的基本要求。

学习难点：灵敏性概念和计算。

0.1 继电保护的含义和基本任务

0.1.1 继电保护的含义

今天，我们人类的活动越来越离不开电能，而我们所使用的电能是来自于一个叫电力系统的网络中。电力系统是由许许多多不同类型的发电机来生产电能，再由密密麻麻的输电线路和分布在各处的变压器来构成网络去输送和分配电能，最终把电能送到千家万户中供我们使用。在这个系统中，有许多的电气设备，如发电机、变压器、输电线路等。这些设备受各种因素的影响，如受自然条件（雷电的袭击、刮风下雨、地震）的影响、受本身制造质量的影响或是受运行维护不当的影响等，发生异常或故障是不可能完全避免的，而最危险的故障就是发生短路。

当电力系统发生短路时，可能会在电网中产生巨大的电流，这个电流叫短路电流。短路电流对电力系统有着极大的危害性。由于短路电流巨大，产生的发热和电动力可能使电力系统中的设备寿命大大降低甚至直接烧坏或损坏，而且短路电流还可能导致系统整体电压大大下降，影响系统中大量用户的正常用电，严重的会导致整个电力系统不稳定或全电力系统崩溃而大面积停电。所以就迫切需要一种装置，能在短路发生后立刻把发生短路的故障设备从电力系统中切除掉，从而使没有故障的设备仍能正常运行。

最初，这种能把发生短路故障的设备从电力系统中切除掉的装置，由于其用来判断电力系统中是否发生短路的元件叫继电器，所以延续至今，这种装置一直叫“继电保护装置”，也简称“继电保护”。

现在，继电保护装置是指能反映电力系统中电气设备发生故障或是不正常运行状态，并

动作于断路器跳闸或是发出指示信号的一种自动装置。

0.1.2 继电保护的基本任务

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状态3种。正常运行状态是指电力系统中的设备均在规定的长期安全工作限额内运行。不正常运行状态是指电力系统中的设备运行在规定的长期安全工作限额外，超限额运行但是还没有出现故障。比如，过负荷、频率降低、过电压及电力系统振荡等。而故障状态是指设备已经不能运行。电力系统的故障包括各种短路和断路及设备损坏。

为了保护电力系统中运行的电气设备安全，要求继电保护能完成的基本任务是：快速切除故障设备、给不正常运行设备发出提示或报警信号及防止将正常设备误切除。

1. 快速切除故障设备

当电气设备发生短路故障时，继电保护能自动、快速、有选择性地将故障设备从电力系统中切除，使故障设备免于持续遭受破坏，并保证最大限度地迅速恢复无故障设备的正常运行。

2. 给不正常运行设备发出提示或报警信号

当电气设备不正常运行时，根据运行维护的具体要求和设备的承受能力，继电保护能发出提示或报警信号以便提醒工作人员及时处理，如没有及时处理，将能在电气设备不正常运行持续一定的时间后，自动对不正常运行设备进行预设的处理，以避免电气设备由不正常运行状态恶化为故障状态。

3. 防止将正常设备误切除

当电气设备正常运行时，继电保护不能误动作将正常运行设备从系统中切除，造成设备断电。

0.2 继电保护的基本原理和构成

0.2.1 继电保护的基本原理

为了完成继电保护的基本任务，继电保护必须能够区别出设备的正常运行状态、不正常运行状态及故障状态。继电保护的基本原理是：找出上述3种状态下电力设备中的电气量或是非电气量典型的变化特征（或是差别特征），从而形成某种判据，构成某种类型的保护。

根据上述3种状态下的差别特征，可以构成以下类型的保护：

按电流大小的变化，构成的保护叫电流保护；

按电压高低的变化，构成的保护叫电压保护；

按电流差值的变化，构成的保护叫差动保护；

按电压和电流比值的变化，构成的保护叫阻抗保护；

按变压器内部油的分解产生的气体变化构成瓦斯保护等。

0.2.2 继电保护装置的构成

继电保护装置一般由测量部分、逻辑部分及执行部分组成，如图 0-1 所示。图中输入量是指在被保护设备上测量的量，包括电气量或是非电气量。

1. 测量部分

从被保护设备接受有关的输入量，再与预先设定的整定值（也就是保护动作的门槛数值）相比较，根据比较结果决定保护是否启动。输入量比整定值大而启动的保护，称为过量保护；输入量比整定值小而启动的保护，称为欠量保护。保护动作的整定值的调整和设定在测量部分完成。

2. 逻辑部分

根据测量部分输出量的大小、性质、出现的顺序和组合，来进行逻辑判断和处理，最后确定保护应有的动作行为。

3. 执行部分

根据逻辑部分输出的信号来执行具体的动作。如跳闸、发出提示或报警信号。

断电保护装置获取电气量原理图如图 0-2 所示。当图 0-1 中的输入量是电气量时，这些电气量一般就是电压和电流，电压量来自于保护安装处附近母线上的电压互感器 TV，而电流量来自于保护安装处附近线路上的电流互感器 TA。

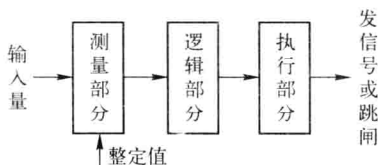


图 0-1 继电保护装置构成方框图

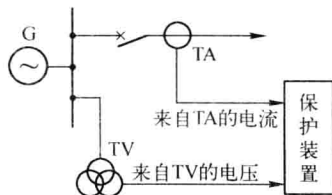


图 0-2 继电保护装置获取电气量原理图

0.3

继电保护的分类和基本要求

0.3.1 继电保护的分类

继电保护装置按照其被保护对象、保护原理、保护反映故障类型、保护装置的技术类型和保护所起的作用不同分为 5 大类。

(1) 按照被保护对象划分为输电线路保护、发电机保护、变压器保护、母线保护、电动机保护等。

(2) 按照保护原理划分为电流保护、电压保护、距离保护、差动保护、方向保护和序保护等。

(3) 按照保护反映故障类型划分为相间短路保护、接地故障保护、匝间短路保护、断线保护、失步保护、失磁保护和励磁保护等。

(4) 按照保护装置的技术类型划分为机电型（如电磁型、感应型和或电动型）保护、

整流型保护、半导体型保护、数字集成电路型保护和微机型保护等。

(5) 按照保护所起的作用划分为主保护、辅助保护和后备保护等。

当一个电气设备装设有多种保护时，起主要作用的保护装置称为主保护；作为主保护装置备用的保护装置称为后备保护；为了改善保护装置的某些性能而设置的保护为辅助保护。

0.3.2 对继电保护的基本要求

当电气设备出现故障时，为了减小故障的影响范围，继电保护装置一般的动作是跳闸断电。作用于跳闸的继电保护，对其技术上的基本要求是可靠性、选择性、速动性和灵敏性。

1. 可靠性

继电保护装置可靠性的含义，是指在该保护装置规定的保护范围内发生了它应该动作的故障时，它不应该拒绝动作（简称为不拒动）；而在该保护装置规定的保护范围内没有发生它应该动作的故障时，它不应该错误地动作（简称为不误动）。

继电保护装置的拒动会导致该切除的设备没被切除，故障持续发生使设备损坏乃至危及系统的安全供电；而继电保护装置的误动则导致不该切除的设备被切除，增大了不该停电的范围，使系统的供电可靠性降低。

为了提高继电保护装置的可靠性，除了要提高保护装置的元件质量外，还要注意设计保护电路时，在完成功能的前提下，力求接线简单、接插件少、继电器的触点少，也就是“简为上”。此外，正确的安装调试试验，良好的运行维护也是非常重要的。

2. 选择性

继电保护装置选择性的含义，是指在电力系统发生故障时，保护装置在尽可能的小范围内将故障部分从系统中切除，最大限度地保证非故障部分的正常运行。

以图 0-3 所示的断电保护装置为例来说明。在图中，1、2、3、4 为保护装置，控制各自下方的断路器。在本书中，用断路器上方或下方的长方形方框表示控制该断路器的继电保护装置，框内数字代表继电保护装置的编号。正常工作时所有断路器均为闭合状态。

当 k_1 处发生短路故障时，短路电流流经保护装置 1、2、3，按照继电保护装置选择性要求，正确的动作应该是 3 动作 3QF 断开。假如是 2 动作 2QF 断开，将会导致本无故障的母线 B 断电，使停电范围扩大，如果是这样，系统就不能满足继电保护装置选择性要求。如果是 1 动作 1QF 断开则将会造成全网停电，导致严重错误。

当 k_1 发生短路的时候，如果 3 出现失灵或是 3QF 拒动，故障设备就不能被切除。为了解决这一问题，2 应该在判断到 3 出问题后，能动作 2QF 跳闸。这时 2 就成了 3 的后备保护；假如 3 和 2 都出问题，那么 1 应该在判断到 2 出问题后动作 1QF 跳闸。这样 1 就成了 2 和 3 的后备保护。

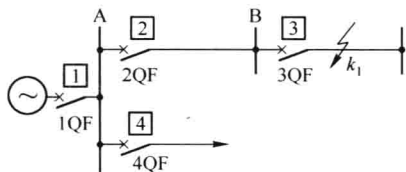


图 0-3 继电保护装置选择性示意图

3. 速动性

继电保护装置速动性的含义，是指在电力系统发生故障时，保护装置尽可能以最短的时间将故障切除。

快速切除故障不仅能减轻故障设备的损坏程度，而且能加快非故障部分的恢复供电，更为重要的是还能保证电力系统的供电稳定性。

继电保护装置故障切除的时间是保护装置的动作时间和断路器的动作时间之和。一般快速保护装置的动作时间为 0.04 s，最快的可达 0.01 s；一般快速断路器的动作时间为 0.06 s，最快的可达 0.02 s，当然随着技术进步，动作时间还会缩短。

动作迅速而又满足选择性要求的保护装置，一般价格比较昂贵，所以在电力系统中，要依据实际情况来确定保护的動作时间，不必片面追求过快的动作。

对于反映不正常运行状态的继电保护，一般不要求快速动作，可以带有一定的延时时间去发出提示或报警信号。

4. 灵敏性

继电保护装置灵敏性的含义，是指保护装置对其保护区内发生故障或是非正常运行状态的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应该在规定的保护区内发生故障或是非正常运行状态时，都能灵敏反应。

灵敏性以灵敏系数（也称灵敏度）来定量表示，简单记为 K_{sen} 。 K_{sen} 在数值上是以常见的最不利于保护动作的条件下仍能可靠动作的故障参数与保护整定动作值的比值。

灵敏系数 K_{sen} 的计算方法如下。

对于反映故障时参数增大而动作的保护装置，即过量保护的灵敏系数为：

$$K_{\text{sen}} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置的动作参数}}$$

对于反映故障时参数降低而动作的保护装置，即欠量保护的灵敏系数为：

$$K_{\text{sen}} = \frac{\text{保护装置的动作参数}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最大计算值}}$$

由于短路大多数情况是非金属性的，也就是短路发生点对地的阻抗不为 0，有过渡阻抗存在，而且故障参数在计算时难免会有一定的误差，所以国标 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》对各种保护的灵敏度都做出了具体规定。

以上对继电保护的四个基本要求是设计、配置和维护继电保护的依据，也是分析评价继电保护的基础。这四个基本要求之间既相互联系又相互矛盾，如强调速动性可能影响可靠性、选择性和灵敏性，而强调选择性又可能影响速动性和灵敏性。因此，在实际工作中，要按照具体情况来区别处理。

0.3.3 电力设备的继电保护配置

电力系统中的发电机、变压器、母线及输电线路都需要装设继电保护装置，且相邻继电保护的保护区之间必须有重叠，以保证任意位置发生故障时保护装置都能够动作，实现保护。电力系统设备保护的保护区示意图如图 0-4 所示，虚线表示各元件主保护的保护区。图中的重叠区域要尽可能地小，因为在重叠区域发生故障时，保护区内所有的断路器均会跳闸，会扩大停电范围。