



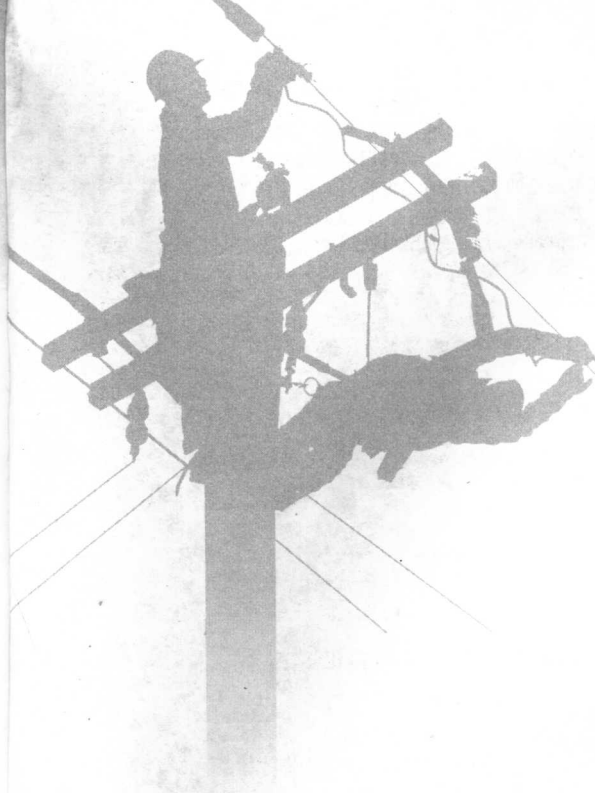
电
工
技
术
培
训
读
本

继电保护与综合自动化系统

陈英涛 主编



化学工业出版社



电 工 技 术 培 训 读 本

继电保护与综合自动化系统

陈英涛 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为《电工技术培训读本》之一，主要介绍了继电器、微机综合保护装置、工厂主要电气设备继电保护及定值整定、工厂常用电气设备选择及工厂综合自动化系统。本书在介绍基本理论知识的同时，也介绍了化工企业中经常用到的实际知识及一些简便计算方法。

本书适用于电力系统变配电值班运行的工人学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护与综合自动化系统/陈英涛主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 7

(电工技术培训读本)

ISBN 978-7-122-00804-6

I. 继… II. 陈… III. 继电保护-自动化系统-技术培训-教材 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 101228 号

责任编辑: 刘 哲 赵丽霞

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 于 兵

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 6 1/2 字数 170 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着科学技术的发展，电气化程度正在日益提高，电气工作人员的综合素质，直接影响到电气设备的安装、维护和检修质量，关系到工厂企事业单位的正常运行和经济效益。应广大电气工作人员的要求，化学工业出版社组织南京化工职业技术学院、中国石化集团公司南京化学工业有限公司、南京工程学院、南京化工技工学校、江苏海事职业技术学院、中国石化集团公司扬子石化公司培训中心等单位编写了《电工技术培训读本》丛书，包括《电路与电气测量》、《实用电子技术基础》、《电机应用技术》、《电气控制与可编程控制器》、《工厂供配电技术》、《电工材料》、《继电保护与综合自动化系统》、《电气运行与管理技术》和《工厂电气试验》。

为保证本套丛书的质量，特成立了电工技术培训读本编写委员会，编写人员均为生产一线、具有丰富生产经验的工程技术专家、高级技师或具有多年丰富的教育培训教学经验的教师。根据劳动和社会保障部颁发的《职业技能鉴定规范》中电工的“知识要求”，结合工厂企业的生产特点，借鉴当前电工的实际工作经验，为电工的职业教育、职业培训和电工的职业技能鉴定，提供一套具有充实内容的教材和参考书。

全套培训读本在编写过程中，着眼于工厂现状，以目前使用较普遍的和以后预计使用量会增加的电气设备为主，适当地考虑到今后发展和提高的要求；本着突出针对性、典型性、实用性的原则，并注意工人培训的特点，内容精练、实用，注重理论联系实际，学以致用，且有一定的理论深度；每章有学习目标，提出具体的要求，书后有思考练习题，贯彻以培训为主的原则。本套读本通俗易懂，好学好用，不仅适用于具有初中以上文化程度、没有经过系统专业培训的从事电力系统运行与维护的人员，而且对于从事现场电

气专业设计、安装、运行、维修的电工、工程技术人员，也具有一定的参考价值。

本书为《电工技术培训读本》之一，以化工厂常用的继电保护装置和继电保护管理为主进行介绍，以实用性为主，同时也根据南化公司实际使用的继电保护情况，介绍了一些具体继电保护装置及计算方法，以满足变电值班人员不同程度的需要，希望对值班电工的理论和实际技能的提高有所帮助。

本书由陈英涛主编，其中第1章由顾艳编写，第2章由顾艳、江兵编写，第3章和第6章由江兵编写，第4章由黄威编写，第5章由江兵、黄威编写。全书由江兵统稿。

由于我们水平有限，时间仓促，在本书的编写中难免有疏漏之处，诚恳希望广大读者指正。

编 者

2007年7月

目 录

第 1 章 继电保护概述	1
1.1 继电保护的任务和基本要求	1
1.1.1 继电保护的任务	1
1.1.2 继电保护的要求	2
1.1.3 继电保护的结构原理	4
1.2 继电器的基本知识	4
1.2.1 继电器的定义和继电器特性	4
1.2.2 继电器的分类	5
1.2.3 继电器主要产品技术参数	9
1.2.4 继电器测试	10
1.2.5 继电器的电符号和触点形式	10
思考与练习	11
第 2 章 常用继电器	12
2.1 概述	12
2.1.1 电磁型继电器的工作原理	12
2.2 电流电压继电器	13
2.2.1 电流继电器的动作电流、返回电流、返回系数	13
2.2.2 电压继电器的动作电压、返回电压、返回系数	15
2.2.3 动作值的调整	16
2.2.4 返回系数的调整	16
2.2.5 消除振动的方法	16
2.3 反时限特性电流继电器	18
2.3.1 感应型电流继电器	18
2.3.2 整流型电流继电器	19
2.4 速饱和变流器及差动继电器	20

2.4.1	速饱和变流器	20
2.4.2	BCH-2 型差动继电器工作原理	21
2.4.3	BCH-1 型差动继电器构成差动保护	23
2.5	功率方向继电器	26
2.5.1	功率方向继电器的工作原理	26
2.5.2	相位比较原理和幅值比较原理间的关系	28
2.5.3	幅值比较回路	30
2.5.4	LG-11 型功率方向继电器	32
2.5.5	LG-12 型功率方向继电器原理接线及其动作条件	36
2.6	阻抗继电器	38
2.6.1	阻抗继电器的分类	38
2.6.2	整流型圆特性阻抗继电器	39
2.6.3	阻抗继电器的精确工作电流	43
2.7	低周率继电器(频率继电器)	44
2.7.1	BDZ-1B 型低周率继电器	44
2.7.2	SZH-1 型数字频率继电器	46
2.7.3	微机型低周减载装置	48
2.8	时间继电器	50
2.8.1	DS-110、DS-120 系列时间继电器	51
2.8.2	JS 系列高精度时间继电器	52
2.9	中间继电器	53
2.10	舌簧继电器	55
2.10.1	舌簧继电器的定义	55
2.10.2	性能	55
2.10.3	设计要点	56
2.11	电子式电动机保护继电器	60
2.11.1	工作原理和性能	60
2.11.2	功能和特征	60
2.11.3	设定	61

思考与练习	61
第3章 微机综合保护装置	63
3.1 电动机微机综合保护装置	63
3.1.1 中压型电动机微机保护装置特点	63
3.1.2 保护装置的工作原理及主要保护功能	64
3.2 变压器微机综合保护装置	68
3.2.1 中压型变压器微机综合保护装置特点	68
3.2.2 保护装置的工作原理及主要保护功能	68
3.3 微机备用电源自投装置	75
3.3.1 微机备用电源自投装置特点	75
3.3.2 保护装置的工作原理及主要保护功能	75
3.4 微机型消谐小电流接地选线综合装置	82
3.4.1 用途及特点	82
3.4.2 工作原理及保护功能	83
3.5 微机馈线综合保护装置	85
3.5.1 装置特点	85
3.5.2 工作原理及主要保护功能	86
3.6 微机发电机保护装置	90
3.6.1 装置特点	90
3.6.2 工作原理及主要保护功能	91
3.7 微机变压器差动保护装置	93
3.7.1 装置特点	93
3.7.2 工作原理	94
3.8 110kV 主变侧后备保护功能	95
3.8.1 装置特点	95
3.8.2 工作原理	95
3.9 6kV 主变侧后备保护功能	97
3.9.1 装置特点	97
3.9.2 工作原理	97
3.10 输电线路成套保护装置	98

3.10.1 装置特点	98
3.10.2 工作原理	98
3.11 失步振荡解列及频率电压紧急控制装置	101
3.11.1 装置特点	101
3.11.2 主要功能及工作原理	101
思考与练习	102
第4章 主设备继电保护及定值整定	103
4.1 发电机保护及整定	103
4.1.1 发电机继电保护的配置	103
4.1.2 发电机继电保护定值的整定	106
4.2 变压器保护及整定	108
4.2.1 变压器继电保护的配置	108
4.2.2 变压器瓦斯保护	109
4.2.3 变压器过负荷保护	114
4.2.4 变压器过流保护	114
4.2.5 变压器电流速断保护及计算	116
4.2.6 变压器低压侧接地保护及计算	119
4.2.7 变压器纵差动保护及计算	120
4.3 6~10kV 母线继电保护及整定	125
4.3.1 母线过流保护及计算	125
4.3.2 母线不完全差动保护及计算	127
4.4 6~10kV 线路继电保护及整定	129
4.4.1 6~10kV 电力线路继电保护的配置	129
4.4.2 过电流保护及计算	130
4.4.3 电流速断保护及计算	134
4.5 WDZ-430 电动机综合保护装置及整定	137
4.5.1 WDZ-430 电动机综合保护装置的保护功能	137
4.5.2 WDZ-430 电动机综合保护装置的保护原理	138
4.5.3 WDZ-430 电动机综合保护装置的定值整定	139
4.6 WDZ-440 低压变压器综合保护装置及整定	141

4.6.1	WDZ-440 变压器综合保护装置的保护功能	141
4.6.2	WDZ-440 变压器综合保护装置的保护原理	142
4.6.3	WDZ-440 变压器综合保护装置的定值整定	144
4.7	WDZ-410 线路综合保护装置及整定	145
4.7.1	WDZ-410 线路综合保护装置的保护功能	145
4.7.2	WDZ-410 线路综合保护装置的保护原理	146
4.7.3	WDZ-410 线路综合保护装置的定值整定	147
	思考与练习	148
第 5 章	工厂常用电气设备选择计算	149
5.1	1000V 以下低压电网短路电流的计算	149
5.1.1	计算条件	149
5.1.2	三相和两相短路电流的计算	149
5.1.3	单相短路电流的计算	150
5.1.4	短路电流速算简化算法	150
5.2	导线和电缆截面面积的选择计算	152
5.2.1	导线和电缆截面的选择条件	152
5.2.2	按发热条件选择导线和电缆截面面积	155
5.2.3	按经济电流密度选择导线和电缆截面面积	156
5.2.4	线路电压损耗的计算	157
5.3	低压熔断器选择计算	159
5.3.1	熔断器的类型	159
5.3.2	熔断器的选用	160
5.3.3	常用低压熔断器的技术数据	163
5.4	人工接地装置工频接地电阻计算	165
5.4.1	单个接地极的接地电阻	166
5.4.2	组合接地体的接地电阻	168
5.5	低压电气设备的接零保护	169
5.6	防雷设备计算	170
5.7	常用低压电器的选择计算	171
5.7.1	低压电器选择的一般原则	171

5.7.2	低压断路器的选择计算	171
5.7.3	热继电器的选用和计算	174
5.7.4	交流接触器的选用和计算	176
5.7.5	刀开关的选用和计算	176
5.7.6	控制变压器的选用和计算	176
5.7.7	漏电保护的选用和计算	177
5.8	实用电工速算口诀	178
	思考与练习	180
第6章	综合自动化系统	182
6.1	发电厂、变电站的远动概述	182
6.2	微机变电站综合自动化	183
6.2.1	概述	183
6.2.2	变电站综合自动化系统的功能	185
6.2.3	变电站综合自动化系统的体系结构和配置	189
	思考与练习	192
	参考文献	194

第 1 章 继电保护概述

学习目标

1. 明确继电保护的任务和基本要求。
2. 了解继电器的特性。
3. 熟悉各种继电器的工作原理。

1.1 继电保护的任务和基本要求

1.1.1 继电保护的任务

电力系统由发电机、变压器、母线、输电线路和用电设备组成，各电气元件和系统整体处于正常运行状态，但在运行中由于受自然灾害（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，不可避免会出现故障和不正常工作状态。电力系统最常见且最危险的故障是短路，短路的基本形式有三相短路、两相短路、两相接地短路、单相接地短路及发电机和变压器同一相不同线匝之间的短路（简称匝间短路）等。电力系统的正常工作遭到破坏，但未形成故障，称为不正常工作状态。如因负荷超过电气设备的额定值而引起的过负荷，由功率缺额引起的系统频率降低，发电机突然甩负荷引起的过电压，以及电力系统的振荡都属于不正常工作状态。故障和不正常工作状态若不及时正确处理，就可能引起事故，事故就是指系统或其中一部分正常工作遭到破坏，造成对用户少送电或电能质量变坏到不允许的地步，甚至造成人身伤亡和设备损坏，包括停电事故及人身和设备事故。

为了减轻故障和不正常工作状态造成的影响，继电保护的任务主要有以下两方面。

① 当发生故障时，应自动地、迅速地、有选择性地给控制主设备（如输电线路、发电机、变压器）的断路器发出跳闸信号，将

故障设备从电力系统中切除，使故障设备免遭更严重破坏，保证无故障部分继续运行。

② 当电气设备发生不正常工作状态时，根据运行维护条件（如有、无经常值班人员）确定保护是动作于信号，还是动作于减负荷或延时跳闸。反应不正常工作状态的保护，不必要迅速动作，而是根据其危害程度规定一定的延时，以免不必要的动作和由于干扰引起的误动作，经一定延时发出信号，还方便值班人员采取措施恢复正常运行。

1.1.2 继电保护的要求

为了能及时准确地完成继电保护的任务，评价继电保护装置好坏由以下四项基本要求来衡量。

(1) 选择性 选择性是指当系统发生故障时，保护装置仅将故障元件切除，保证系统中非故障部分仍继续运行，使停电范围尽量缩小的性能。

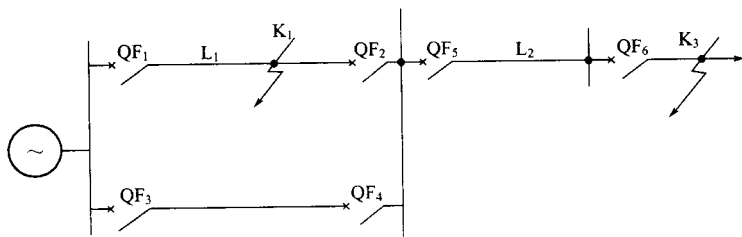


图 1-1 线路保护选择性

图 1-1 中 K_1 点故障时，断路器 QF_1 和 QF_2 的保护动作，切除线路 L_1 的故障，保证无故障线路继续运行。当图 1-1 中 K_3 点故障时，根据选择性要求，断路器 QF_6 的保护应该动作，切除线路上的故障，如果 QF_6 的继电保护拒动或者断路器自身拒动，则由 QF_5 动作切断 K_3 的故障。这种由相邻保护装置在远处动作而切断故障的形式，称为远后备保护。如图 1-1 中 QF_1 、 QF_3 是 QF_5 的远后备。与远后备对应的还有近后备保护，即指在被保护元件上装设两套保护，称为保护的双重化配置方式，加强元件本身的保护，

使在区内故障时保护无拒绝动作的可能；同时装设开关失灵保护，以便当开关拒绝跳闸时启动它来切断同一变电所母线上的高压开关或遥切对侧开关。如若 L_2 线故障， QF_3 的一套保护动作，如该套保护拒动，则有该保护的另一套动作切断故障；如断路器 QF_3 拒动，则断路器失灵保护启动，由 QF_2 、 QF_4 跳开故障。

(2) 速动性 速动性就是快速切除故障。保护切除故障时间等于保护装置动作时间与断路器跳闸时间之和。对动作于跳闸的保护，要求保护迅速的目的在于：降低短路电流故障设备的损坏程度；减小对用户正常用电的影响；维护电力系统并列运行的稳定性。

理论上讲，继电保护装置的動作速度越快越好，但是实际上为防止干扰信号造成装置误动及保证保护间相互配合，继电保护必须人为设置一定的动作时限。

(3) 灵敏性 继电保护的灵敏性是指对其保护范围内发生故障或不正常运行状态的反应能力。灵敏性通常用灵敏系数 K_{sen} 来衡量。在《继电保护和安全自动装置技术规程》中对各类保护装置的最小灵敏系数都有具体规定。满足灵敏性要求的保护装置，应该是在事先规定的保护范围内故障时，不论短路点的位置、短路的类型及系统运行方式如何，都能灵敏反应。

不同的继电保护装置对灵敏系数的要求不同，校验方法也不一样，本书将在以后具体装置中分析。

(4) 可靠性 保护装置的可靠性是指：在它的保护范围内属于它动作的故障时，应可靠动作，即不应拒动；而发生不属于它应动作的情况时，则应可靠不动，即不应动作。前者称依赖性，后者称安全性，继电保护必须满足可靠性要求。

上述四大基本要求是设计、配置、评价保护装置的基础，它们相互联系，同时又有矛盾。如速动性和选择性好的装置，其接线盒技术往往较复杂，可靠性就低；灵敏度高了，则将降低可靠性；为了达到选择性，往往会牺牲速动性等。所以要明确矛盾的主次，取得具体问题的矛盾的统一，在满足技术要求的前提下，还需考虑经

济性。

1.1.3 继电保护的结构原理

继电保护的功能就是将检测到的电气量与定值进行比较，在超过整定值或边界时就动作。继电保护主要是利用电力系统发生故障或异常情况时的电气量（电流、电压、功率、频率等）的变化，构成保护原理，也有其他物理量，如变压器油箱内故障时产生大量瓦斯、油流速度的加快或油压强度的增高等。无论什么原理的保护装置，都包括测量（和定值调整）部分、逻辑部分、执行部分。

继电保护装置的基本组成和功能原理框图如图 1-2 所示，其中启动、测量元件及判断元件从各类保护继电器中选用，逻辑元件、出口元件由中间继电器、时间继电器、信号继电器等辅助继电器组成。

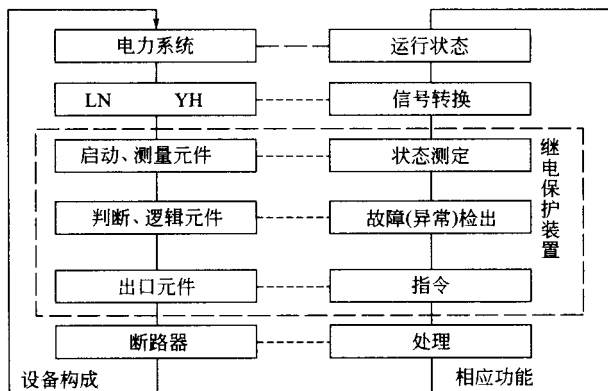


图 1-2 继电保护装置的组成和功能

1.2 继电器的基本知识

1.2.1 继电器的定义和继电特性

1.2.1.1 继电器的定义

继电器是组成继电保护装置的基本元件，当输入量（或激励量）满足某些规定的条件时能在一个或多个电气输出电路中产生跃

变的一种器件。继电器是一种电子控制器件，它具有控制系统（又称输入回路）和被控制系统（又称输出回路），实际上是用较小的电流去控制较大电流的一种“自动开关”，故在电路中起着自动调节、安全保护、转换电路等作用。

1.2.1.2 继电器的继电特性

继电器输入量和输出量之间在整个变化过程中的相互关系称为继电器的继电特性或控制特性。用 x 表示输入回路量， y 表示输出回路的输出量，如图 1-3 所示。当输入量 x 连续变化到一定量 x_a 时，输出量 y 发生跃变，由 0 增加到 y_a 值，这时输入量继续增加，使输出保持不变。相反，当减少到 x_b 时， y 又突然由 y_a 减少到 0， x_a 被称为继电器的动作值， x_b 被称为继电器返回值（释放值）， y_a 即是继电器的负载。

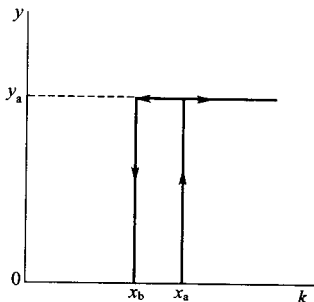


图 1-3 继电器的继电特性

1.2.2 继电器的分类

IEC 按功能将电气继电器分为量度继电器、有或无继电器两大类。保护继电器属于量度继电器，辅助继电器则属于有或无继电器。

构成各种继电保护装置的继电器，按其构成原理可分为机电式、整流式和静态式（包括数字式）。

1.2.2.1 按继电器的工作原理或结构特征分类

（1）电磁继电器 利用输入电路内电路在电磁铁芯与衔铁间产生的吸力作用而工作的一种电气继电器。

① 直流电磁继电器 输入电路中的控制电流为直流的电磁继电器。

② 交流电磁继电器 输入电路中的控制电流为交流的电磁继电器。

③ 磁保持继电器 利用永久磁铁或具有很高剩磁特性的铁芯,使电磁继电器的衔铁在其线圈断电后仍能保持在线圈通电时的位置上的继电器。

(2) 固体继电器 指电子元件履行其功能而无机械运动构件的、输入和输出隔离的一种继电器。

(3) 温度继电器 当外界温度达到给定值时而动作的继电器。

(4) 舌簧继电器 利用密封在管内具有触电簧片和衔铁磁路双重作用的舌簧的动作来开、闭或转换线路的继电器。

① 干簧继电器 舌簧管内的介质为真空、空气或某种惰性气体,即具有干式触点的舌簧继电器。

② 湿簧继电器 舌簧片和触点均密封在管内,并通过管底水银槽中水银的毛细作用使水银膜湿润触点的舌簧继电器。

③ 剩簧继电器 由剩簧管或有干簧管与一个或多个剩磁零件组成的自保持干簧继电器。

④ 舌簧管 同理,舌簧管有干簧管、湿簧管、剩簧管三种类型。

(5) 时间继电器 当加上或除去输入信号时,输出部分需延时或限时到规定的时间才闭合或断开其被控线路的继电器。

① 电磁时间继电器 当线圈加上信号后,通过减缓电磁铁的磁场变化而延时的时间继电器。

② 电子时间继电器 由分立元件组成的电子延时线路所构成的时间继电器,或由固体延时线路构成的时间继电器。

③ 混合式时间继电器 由电子或固体延时线路和电磁继电器组合构成的时间继电器。

(6) 高频继电器 用于切换高频、射频线路而具有最小损耗的继电器。

(7) 极化继电器 由极化磁场与控制电流通过控制线圈所产生的磁场综合作用而动作的继电器。继电器的动作方向取决于控制线圈中流过的电流方向。

① 二位置极化继电器 继电器线圈通电时,衔铁按线圈电流