



普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十二五”规划教材

POWER SYSTEM
RELAYING PROTECTION

电力系统继电保护

◎ 韩 笑 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十二五”规划教材

电力系统继电保护

主 编 韩 笑
副主编 隆贤林 李 胜
参 编 李 斌 宋丽群
主 审 高 亮



机械工业出版社

本书以实际工作所需的专业知识和技术为着眼点,在适度的基础知识与理论体系下,介绍电力系统实用继电保护技术,同时介绍实用继电保护装置的使用、二次接线及测试方法,并简要介绍电力系统综合自动化实用技术。

全书共七章。第1章对电力系统继电保护作一般描述,给出了继电保护的定义及分类,说明了电力系统对继电保护的基本要求。第2章对电流互感器、电压互感器及变换器进行相应介绍。第3章对各种电压等级的电网保护原理进行系统介绍。第4章内容与第3章相配套,重点介绍电网微机保护(数字式保护)的应用实例。第5章介绍变压器保护、发电机保护及母线保护的基本原理。第6章介绍电力系统综合自动化及其应用。第7章介绍继电保护装置实验与测试的基本方法,并给出了相应的实例。

本书可作为应用型本科院校电气工程及其自动化专业及相近专业的教材,也可作为自学、培训教材,同时可供从事继电保护的工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护/韩笑主编. —北京:机械工业出版社,2011.8
普通高等教育电气工程与自动化(应用型)“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-34310-3

I. ①电… II. ①韩… 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(2011)第112213号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王雅新 责任编辑:王雅新 徐凡

版式设计:霍永明 责任校对:张薇

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2011年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·412千字

标准书号:ISBN 978-7-111-34310-3

定价:34.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育电气工程与自动化（应用型）“十二五”规划教材

编审委员会委员名单

主任委员：刘国荣

副主任委员：

张德江	梁景凯	张元	袁德成	焦斌
吕进	胡国文	刘启中	汤天浩	黄家善
钱平	王保家			

委员（按姓氏笔画排序）：

丁元明	马修水	王再英	王军	叶树江
孙晓云	朱一纶	张立臣	李先允	李秀娟
李海富	杨宁	陈志新	周渊深	尚丽萍
罗文广	罗印升	罗兵	范立南	娄国焕
赵巧娥	项新建	徐建英	郭伟	高亮
韩成浩	蔡子亮	樊立萍	穆向阳	

前 言

在开放和互联的信息模式基础上,建设坚强智能电网,实现发电、输电、供电、用电、客户售电、电网分级调度、综合服务等电力产业全流程的智能化、信息化、分级化互动管理已成为当前及近阶段的首要任务。社会对电气工程及其自动化科技工作者的需求量呈上升态势。电力系统继电保护课程作为支撑电气工程学科专业的主干课程,具有特殊的重要地位。学习过电力系统继电保护课程,掌握相应的继电保护工程技术应用能力的毕业生或专业技术人员受到了电力系统和电力设备的运行和控制部门、电气控制设备的制造和使用部门的广泛欢迎。

继电保护伴随着电力系统而生,继电保护原理及继电保护装置的应用,是电力系统实用技术的重要环节。继电保护技术的应用繁杂广泛,随着现代科技的飞速发展,继电保护在更新自身技术的基础上与现代的微机、通信技术相结合,使继电保护系统日趋先进。无论是继电保护装置还是继电保护系统,都蕴含着严谨而又富有创新的科学哲理,同时也折射出现代技术发展的光芒。可以说继电保护是一门艺术,而掌握继电保护知识也绝非易事。

本着坚持“基本理论适度、注重工程应用”的基本原则,在理论教学环节及实践教学环节中引入新型教育教学理念,根据新理念重新组织教学内容并编写本规划教材。在编写过程中特别注意了以实用继电保护为出发点,不搞理论研究,避免复杂的整定计算,避免繁琐的推导过程,多讲最基本原理及用法,多讲实用问题。同时紧紧围绕“二次系统”、“继电保护系统”进行组织,对实用的保护装置加以介绍;始终以继电保护的哲理为“魂”,在介绍保护原理、整定、接线、案例分析的同时,强化读者对继电保护核心、基础理念的理解,强化对继电保护原理所体现出的哲理的理解。教材的组织并未脱离继电保护的发展历史,对于传统的电磁型继电器、整流型继电保护装置都保留有部分内容,并借此讲述继电保护的最基本原理。

全书共七章,依次为:绪论、互感器及变换器、电网保护原理、电网微机保护及应用实例、元件保护原理、变电站自动化、继电保护装置实验与测试。

本书由南京工程学院韩笑编写第1、7章;宋丽群编写第2章;李斌编写第3章;隆贤林编写4、5章;北京林业大学李胜编写第6章。韩笑任主编并负责全书统稿。

本书由上海电力学院高亮教授主审,他在百忙之中对书稿进行了仔细审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢!

参与本书编写工作的还有昆山供电公司的戈祥麟、朱正风。本书编写过程中,参阅了国内外许多公司的有关技术资料,并得到广大从事继保工作同仁的支持。在此一并向他们表示感谢!

书中错误疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正,联系地址:南京市江宁科学园弘景大道1#,南京工程学院电力工程学院(211167)。E-mail:hxslqc@jlonline.com。

编 者

下标符号说明

下标	英语	含义	下标应用举例
1	Positive Sequence	正序	z_1 线路单位长度正序阻抗
2	Negative Sequence	负序	I_2 负序电流
0	Zero Sequence	零序	I_0 零序电流
act	action	起动	I_{act} 起动电流
aper	aperiodic	非周期的	K_{aper} 非周期分量系数
B	Base	基准	S_B 标准（基准）容量
bra	branch	分支	K_{bra} 分支系数
C	Capacitor	电容	X_C 电容电抗
d	difference	差动	I_d 差动电流
F	Fault	故障	$\dot{I}_F$ 故障电流
G	Generator	发电机	$I_{N.G}$ 发电机额定电流
g	grounding	接地	R_g 接地电阻
L	Line	线路	Z_L 线路阻抗
L	Inductance (Lenz)	电感	X_L 电感电抗 (X 用于和线路阻抗相区分)
Lo	Load	负荷	I_{Lo} 负荷电流
Lo	Load	负荷	Z_{Lo} 负荷阻抗
m	measuring	测量	$\dot{U}_m$ 、 $\dot{I}_m$ (输入保护装置的) 测量电压、电流
max	maximum	最大的	$I_{F.max}$ 最大故障电流
min	minimum	最小的	$I_{F.min}$ 最小故障电流
Ms	Motor start	电动机自起动	K_{Ms} 电动机自起动系数
N	Nominal	额定的	U_N 额定电压
n	neutral	中性点	R_n 中性点接地电阻
op	operation	动作	I_{op} 、 Z_{op} 动作电流、动作阻抗
P	Polarization	极化	U_P 极化电压
rel	reliable	可靠的	K_{rel} 可靠系数
res	reset	制动	K_{res} 制动系数
re	reset	返回	I_{re} 返回电流

(续)

下标	英语	含义	下标应用举例
S	System	系统	$X_{S, \min}$ 系统最小阻抗
sen	sensitive	灵敏性	K_{sen} 灵敏系数
set	setting	整定	Z_{set} 整定阻抗
ss	same style	同型	K_{ss} 同型系数
T	Transformer	变压器	$I_{N, T}$ 变压器额定电流
unb	unbalance	不平衡	I_{unb} 不平衡电流

目 录

前言

下标符号说明

第1章 绪 论 1

1.1 从熔丝到继电保护 1

1.2 继电器与继电保护装置 3

1.2.1 继电保护常用术语 3

1.2.2 继电保护装置的分类 5

1.2.3 继电保护常用电气文字符号 5

1.3 对继电保护的要求 7

1.3.1 可靠性 7

1.3.2 选择性 8

1.3.3 速动性 9

1.3.4 灵敏性 9

1.4 继电保护的发展历程与现状 9

本章小结 11

习题与思考题 12

第2章 互感器及变换器 13

2.1 电流互感器 13

2.1.1 电流互感器简介 13

2.1.2 电流互感器极性 13

2.1.3 电流互感器额定参数 14

2.1.4 电流互感器误差 15

2.1.5 电流互感器常用接线方式 17

2.2 电压互感器 17

2.2.1 电压互感器型式 18

2.2.2 电压互感器额定参数 19

2.2.3 电压互感器二次回路接线 21

2.3 变换器 23

2.3.1 变换器作用 23

2.3.2 电压变换器 24

2.3.3 电流变换器 24

2.3.4 电抗变压器 24

本章小结 25

习题与思考题 25

第3章 电网保护原理 27

3.1 35kV 及以下电压等级线路保护 27

3.1.1 电流、电压保护 27

3.1.2 方向电流保护 41

3.1.3 单相接地保护 51

3.2 110kV 输电线路保护 54

3.2.1 零序电流保护 55

3.2.2 距离保护 64

3.3 220kV 及以上电压等级输电 线路保护 84

3.3.1 纵联保护概述 85

3.3.2 分相电流差动纵联保护 91

3.3.3 方向比较式纵联保护 94

3.3.4 工频变化量原理在高压线路保护中 的应用 97

3.3.5 后备保护的说明 102

3.3.6 评价与小结 102

3.4 电网保护配置 103

本章小结 104

习题与思考题 105

第4章 电网微机保护及应用实例 107

4.1 微机保护硬件组成 107

4.1.1 模拟量输入部分 108

4.1.2 开关量输入输出部分 111

4.2 微机保护软件组成 112

4.2.1 微机保护算法 112

4.2.2 微机保护软件 112

4.3 220kV 线路保护实例 113

4.3.1 一次接线简介 113

4.3.2 主要二次设备联系 114

4.3.3 PRC31A-02 保护柜简介 115

4.3.4 GPSL602-102GXC 保护柜简介 118

4.3.5 测控柜简介 119

4.3.6 其他户内设备简介 120

4.3.7 线路保护主要二次回路 121

4.4 110kV 线路保护示例 124

4.4.1 常规组屏方法示例 125

4.4.2 GIS 与保护装置的连接 方法示例 126

4.4.3 端子箱 127

4.4.4 RCS-941 保护装置定值 整定示例 127

4.5 10~35kV 线路保护测控装置	6.1.1 常规变电站状况	183
应用案例	6.1.2 变电站自动化的基本概念	184
4.5.1 保护装置组屏方式	6.1.3 实现变电站自动化的优越性	186
4.5.2 10kV 馈线保护配置示例	6.1.4 对变电站自动化系统的要求	187
4.5.3 RCS-9611C 装置简介	6.2 变电站自动化系统基本特征	189
4.5.4 RCS-9611C 保护装置定值整定	6.3 变电站自动化系统主要功能	190
示例	6.3.1 继电保护的功能	190
本章小结	6.3.2 监视控制的功能	192
习题与思考题	6.3.3 自动控制装置功能	197
第5章 元件保护原理	6.3.4 远动及数据通信功能	197
5.1 变压器保护	6.4 变电站自动化系统的硬件结构形式	198
5.1.1 变压器的故障与保护配置	6.4.1 集中式变电站自动化系统	198
5.1.2 瓦斯保护	6.4.2 分层分布式结构集中式组屏的变电站	199
5.1.3 变压器纵差保护原理	自动化系统	199
5.1.4 变压器纵差保护不平衡电流产生的原因	6.4.3 分散与集中相结合的变电站	203
5.1.5 主变纵差保护实现	自动化系统结构	203
5.1.6 变压器相间短路后备保护及过负荷保护	6.5 变电站自动化技术的发展方向	205
5.1.7 变压器接地短路后备保护	6.5.1 促使变电站自动化技术推广和应用	205
5.1.8 数字式变压器保护测控装置	的原因	205
应用	6.5.2 变电站自动化技术的发展方向	207
5.2 同步发电机保护	6.6 变电站自动化实例	210
5.2.1 发电机的故障和不正常工作状态及其保护配置	6.6.1 NS9000 变电站自动化	210
5.2.2 发电机纵联差动保护	系统概述	210
5.2.3 定子绕组匝间短路	6.6.2 NS9000 监控系统	212
保护	6.6.3 NS900 测控产品系列	219
5.2.4 定子绕组单相接地	第7章 继电保护装置实验与测试	232
保护	7.1 准备工作	232
5.2.5 发电机相间短路后备保护与负序电流保护	7.2 微机型继电保护测试仪简介	233
5.2.6 励磁回路接地保护	7.3 电流、电压保护的测试	236
5.2.7 失磁保护	7.3.1 电磁型电流、电压继电器	236
5.3 母线保护简介	实验	236
5.3.1 母线保护配置原则	7.3.2 电磁型反时限过电流继电器	240
5.3.2 母线保护原理	实验	240
5.3.3 双母线保护特点与配置	7.4 阶段式电流保护测试举例	242
5.4 断路器失灵保护简介	7.5 距离保护的测试	244
本章小结	7.5.1 保护原理简介	244
习题与思考题	7.5.2 阻抗特性的测试方法	246
第6章 变电站自动化	7.5.3 相间阻抗 I 段特性的测试方法	247
6.1 变电站自动化的优点及实现要求	举例	247
	7.5.4 接地阻抗 I 段特性的测试方法	248
	举例	248
	7.6 变压器差动保护的测试	249
	7.6.1 保护原理简介	249

7.6.2 相位补偿与数值补偿	250	7.7.3 零序电流保护 I 段测试	
7.6.3 数字式差动保护测试举例	251	方法举例	255
7.7 零序电流保护的测试	253	本章小结	255
7.7.1 测试准备	253	习题与思考题	256
7.7.2 零序功率方向的测试方法	254	参考文献	257

第 1 章 绪 论

本章从对电力系统发展的简要回顾入手，对电力系统继电保护作一般描述，然后给出继电保护的定义及分类。通过对电力系统运行状态及控制策略的分析，说明电力系统对于继电保护的基本要求。

1.1 从熔丝到继电保护

第一个完整的电力系统（由发电机、电缆、熔丝、电表及负荷组成）由托马斯·爱迪生（Thomas Edison）在纽约城历史上有名的皮埃尔大街站（Pearl Street Station）建成并于 1882 年 9 月投入运行，这只是一个直流供电系统，供电半径也只有 1.5km，负荷全部为白炽灯。这个完整的电力系统仅在线路中插入一段细小的金属丝来作保护，用于在系统发生短路故障时，切断电源与负荷间的联系。但可以说自有电力系统以来，就有保护。

随着技术的发展，在 20 世纪初，交流输电技术取代直流输电，日益增长的电力输送需求也推动着高电压技术的发展，熔丝已被能切断短路电流的断路器所代替，人们学会利用继电器采集电力系统发生故障时的电压、电流信息，判断故障的特点，决定是否动作跳开相应的断路器以切除故障。因为继电器执行了保护电力系统安全运行的任务，因此也被称为“继电保护”。经过百年的发展与演变，继电保护设备与继电保护技术也得到长足的发展，主要经历了电磁型、晶体管型、集成电路型、微机型等几个发展阶段，但无论其形式如何变化，它执行保护电力系统安全稳定运行的任务未变，故继电保护又被称为电力系统中“无言的哨兵”，其作用非常重要。

图 1-1 示出了一条馈线（配电网中直接由电源母线分配出去的一条配电线路）的继电保护系统，由图可见当馈线上发生故障时，需要跳开断路器使故障点失去能量来源以切除该故障。而保护装置通过测量经电压互感器、电流互感器所获得的母线电压及线路电流等信息，判断故障确实存在，向断路器操动机构发出跳闸命令，后者执行跳闸操作，跳开断路器的三相主触头，切断故障电流。相对于继电保护系统而言，该馈线属于其保护对象。

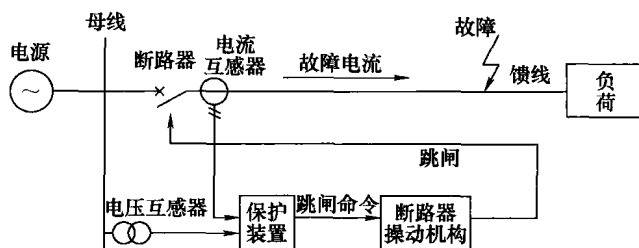


图 1-1 继电保护基本组成示意图

由图可见，仅靠保护装置并不能达到保护电力设备的目的，必须通过断路器（含操动

机构)、互感器、保护装置等设备的协同配合才能实现继电保护的相关功能,因此我们可以把继电保护看作一个系统。随着保护装置、断路器等设备的技术进步,特别是近 20 年数字式保护装置的大量推广应用,继电保护系统判断故障的能力及整体跳闸速度得以不断提高,整体功能得到不断提升。

1. 电力系统的外科医生

根据电力系统理论,在概念上可以将电力系统的运行状态分为如图 1-2 所示的五个状态,即:正常、警戒、紧急、极端和恢复状态。

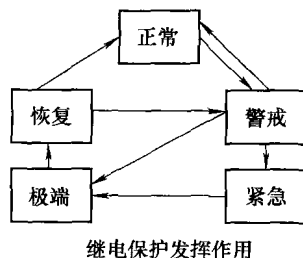


图 1-2 电力系统运行状态与继电保护

在正常状态下,电力系统的供需平衡,设备在规定的长期安全工作限额内运行;电压、频率等电能质量指标符合要求;系统处于安全稳定的运行状态。此时如发生偶然事故,短路点出现短路电流和电弧、非故障元件流过短路电流等现象,如果此时继电保护能够正确动作,切除系统中的故障部分,可使电力系统立即恢复安全稳定的运行状态。

系统的警戒状态表征系统由于自然或人为的因素导致系统虽保持稳定,但已到了很脆弱的程度。常见的现象有系统中某些电气元件出现过负荷,雷雨天气使故障干扰的可能性增加等。此时继电保护装置应根据电力系统的不正常工作状态(如过负荷、低频率、过电压、低电压等)发出告警信号或经延时动作于跳闸。

在警戒状态下,如电力系统再发生故障,则有可能进入紧急状态。紧急状态下系统仍然是完整的,如果此时继电保护能够正确动作,切除系统中的故障部分,再与电力系统中的其他控制举措(如发电机励磁控制、快关汽门、减负荷等)相配合,电力系统仍有可能恢复到警戒状态,否则进入极端状态,这时电力系统已失去稳定性,面临崩溃的危险,此时继电保护装置与其他电力系统安全稳定装置一道,承担着将系统中尽可能多的部分从大范围停电中挽救出来的任务。恢复状态表示系统从失去稳定性向正常运行状态逐渐恢复的过程。

由此可见,电力系统继电保护作用于电力系统各个运行状态之中,它是为电力系统安全稳定服务的,但它与其他带有调节性质的自动装置(如电压调节、频率调节装置)的主要区别是:继电保护的主要作用是自动将故障元件或异常运行的元件从系统中切除,其特点是动作速度快,动作于跳开断路器或发出告警信号。它的身份相当于电力系统的“外科医生”;继电保护的跳闸行为,相当于对电力系统实施“切除手术”,目的是保证其他系统部分的完好。

综上所述,继电保护的基本任务是:

(1) **切除故障元件** 自动、迅速、有选择性地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,保证其他无故障部分迅速恢复正常运行。

(2) **反映不正常运行状态** 反映电气元件的不正常工作状态,并根据运行维护的条件而动作,发出信号或跳闸,此时一般不要求迅速动作,而是根据对电力系统及其元件的危害程度规定一定的延时,以免不必要的动作和由于干扰而引起的误动作。

2. 继电保护是什么

电力系统继电保护泛指继电保护技术和由各种继电保护装置构成的继电保护系统。继电保护装置可定义为在电力系统发生故障或不正常工作状态时,动作于断路器跳闸或发出告警

信号的一种安全自动装置。图 1-3 示出了继电保护装置的组成框图,由图可见,为保证继电保护装置的正确动作,保护装置必须输入被保护对象(如馈线)的有关电气量(如电压、电流),经过测量比较及相应的逻辑判断,最终确定保护装置是否应该使断路器跳闸或发出告警信号,并通过执行部分完成保护装置所担负的任务(跳闸或告警信号)。与继电保护装置相关的技术主要包括涉及继电保护装置本身的原理设计、配置与整定、调试等技术。继电保护装置本身需要通过电流互感器、电压互感器采集电流量、电压量信息,并与断路器配合,实现跳闸。因此,继电保护装置本身只是继电保护系统的一个重要组成部分,其他相关设备以及相互之间的联系(也称为“二次回路”)对于继电保护系统也至关重要。

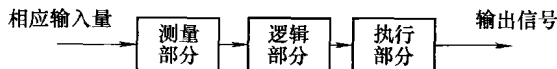


图 1-3 继电保护装置的组成框图

国家标准《电工术语 电力系统保护》(GB/T 2900.49—2004/IEC 60050(448):1995)定义如下:

保护——在电力系统中检出故障或其他异常情况,从而使故障切除、终止异常情况或发出信号或指示。

保护系统——完成某项规定保护功能,由一个或多个保护装置和其他器件组成。

保护装置——一个或多个保护继电器和逻辑元件按需要结合在一起,完成某项特定保护功能的装置。

保护继电器——单独地或与其他继电器组合在一起构成某个保护装置的一种量度继电器。

可见,一个保护系统包括一个或多个保护装置,互感器、接线、跳闸回路及辅助电源,有时还有通信系统。根据保护系统的原理,它以包括被保护区的一端或所有各端,可能还包括自动重合闸装置,但保护系统不包括断路器。一个保护装置是一个保护系统的组成部分;而保护继电器有可能独立构成某一保护装置,也可能是某一保护装置的组成部分。

3. 几个易被忽略的问题

(1) **继电保护与防止故障** 继电保护并不能防止故障的发生,继电保护的功能,只有在电力系统发生事故时才能表现出来,它并不能预测与防止事故的发生。

(2) **继电保护与继电保护装置** 继电保护并不单指继电保护装置,任何情况下,都不能脱离一次系统的需求,脱离继电保护的电流、电压输入量,脱离继电保护对断路器的控制以及断路器本身的动作行为(如动作速度)来讨论继电保护的動作行为。

(3) **保护的用法** 继电保护装置本身不能直接用于高电压及大电流设备上。

(4) **自动装置** 继电保护装置属于自动动作的装置,属于自动控制设备的一类。

1.2 继电器与继电保护装置

1.2.1 继电保护常用术语

在学习继电保护时,我们常用到一些专用术语,本节列举部分常用术语。

1. 触点

触点常被继电保护工作者称为“接点”，指在交流或直流电路中以断开或闭合电路的金属触点。继电保护装置通过触点可以将本装置的动作信息传向外界。继电器的动作触点按其功能可分为多种，如图 1-4 所示，常用的触点有图 1-4a 所示常开触点，即常态（不通电）的情况下处于断开状态的触点，又称动合触点，图 1-4g 说明了继电器 K 在未得电时，其上触点处于断开状态的示例，继电器与触点之间的虚线代表两者实际上是一体的，继电器的线圈（方框表示）与触点间有逻辑联系。图 1-4b 所示为常闭触点，是指常态（不通电）的情况下处于闭合状态的触点，又称动断触点；图 1-4 中 c~f 是在常开或常闭触点的基础上加以一些限时条件，如延时闭合、瞬时打开等，满足继电保护装置不同动作行为的需求。

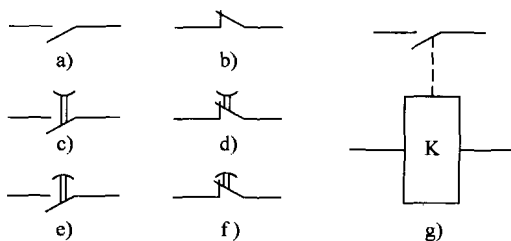


图 1-4 触点示例

- a) 常开触点 b) 常闭触点
c) 延时闭合瞬时打开的常开触点
d) 瞬时闭合延时打开的常闭触点
e) 瞬时闭合延时打开的常开触点
f) 延时闭合瞬时打开的常闭触点
g) 继电器与常开触点示例

2. 保护的起动与动作

如图 1-5 所示，图中 KA 为一只过电流继电器，当施加于该继电器的电流使其起动后，其触点使时间继电器 KS 起动，经一时间间隔，其触点闭合，发出跳闸命令。可见继电保护装置反映故障状态，相应元件做出动作行为，称为保护起动，经一时间间隔后，其触点才完全闭合或打开，此时才能确认继电保护装置动作。“起动”并不等同于“动作”。

在现场应用中，也有的技术人员为将“继电器起动”与“继电器动作”区别开，将继电器起动称为“保护动作”，而将继电器动作称为“保护出口”。

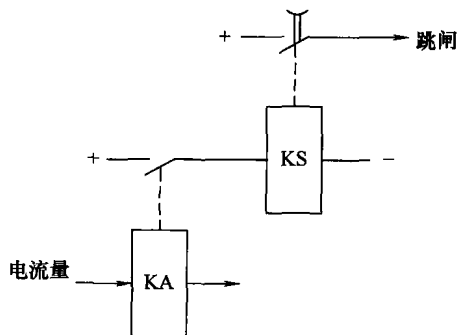


图 1-5 保护的起动与动作

3. 整定

为配合实际应用的需要，大部分继电保护装置的起动值（始动值）是可以调整的，如图 1-5 中 KA、KS 的整定值。这种调整的过程及步骤被称为对继电保护装置的“整定”，所整定的值被称为整定值。图 1-5 中，可将 KA 的动作值整定为 5A，KS 的动作时间整定为 1s 等。

4. 保护跳闸

继电器（保护装置）向断路器的操动机构发出跳闸命令（通过一常开触点实现），将断路器跳开，这种过程称为保护跳闸。结合图 1-1 及图 1-5 可理解这一过程。

5. 触点释放及触点复位（保护返回）

仍以图 1-5 中的电流继电器为例，KA 动作后，如外加的电流量慢慢降低至低于起动值以下一定量时，继电器应开始释放，经一段时间后，触点完全打开（或闭合），这一过程称为继电器的返回。

1.2.2 继电保护装置的分类

根据输入信息、动作原理或结构及动作特性的不同,可将继电保护装置(继电器)分类如下:

1. 按输入信息分类

电力系统发生故障时,故障相关区域内继电保护装置所感受到的电流、电压、频率及电力设备的温升及电动机的转速等,均有可能与正常运行状态不一样。继电保护工作者根据现场需求,选择不同用途的继电保护装置。例如:电流继电器反映故障时被保护元件流过电流的增加,低电压继电器反映故障时被保护元件工作电压的降低,低频率继电器反映故障时频率的降低等。常见的反应非电气量的继电器有保护变压器的温度继电器及瓦斯(气体)继电器。

2. 按继电器的动作原理或结构分类

继电保护装置的动作原理(工作原理、保护原理)随着技术的发展在不断地更新,较为传统的动作原理有过量继电器(如过电流继电器)、欠量继电器(如低电压继电器)、乘积式继电器(如功率方向、阻抗等)、差动继电器等。

按目前常用的继电保护装置(继电器)进行结构分类可主要分为磁电机机械式(电磁型)继电器、静态继电器两大类,后者又包含晶体管型、集成电路型及数字式(微机型)继电保护装置三类,而数字式(微机型)继电保护装置是目前电力系统继电保护的主力军。

3. 按继电器的动作特性分类

为限定具有相同工作原理的继电器的不同动作特性,常做以下具体分类:过电流、电流差动、欠电压、过电压、反映接地或相间故障、方向性比较、分相比较等。如220kV高压输电线路的纵联差动保护按工作原理分类应为差动继电器,按动作特性可定义为分相比较的电流差动保护,110kV高压输电线路的阻抗保护属于乘积式继电器,按动作特性及反映故障类型分类为相间阻抗保护及接地阻抗保护。

1.2.3 继电保护常用电气文字符号

继电保护常用的电气文字符号随着技术的发展及行业标准、国家标准的推广而在不断地改变,各地区的电力行业对于继电器、继电保护装置的称谓也会有所区别,目前我国继电保护的电气文字符号日趋国际化、标准化,在学习本课程时会发现许多参考资料所列某继电保护装置的名称仍会沿用旧名称,如电流继电器,就有“DL”(电流的拼音)、“LJ”(取电流继电器中“流继”的拼音)、“KA”、“(K”为国标项目类别名称,A代表电流)、“BC”、“(B”为国标项目类别名称,C代表电流)等许多名称。[参考 GB/T 5094.2—2003《工业系统、装置与设备以及工业产品结构原则与参照代号》]。传统名称与标准名称之间将有可能出现冲突,如表1-1中,“KA”代表中间继电器,而许多书籍中“KA”代表电流继电器。在使用时,应尽可能地遵照国家标准。表1-2给出了本书常用到的保护与保护装置的电气文字符号。

表 1-1 继电器的电气文字符号(部分)

代号	中文名称	英文名称
KA	中间继电器	Auxiliary relay
KT	时间继电器	Time relay

(续)

代号	中文名称	英文名称
KSG	信号继电器	Signal relay
BC	电流继电器	Current relay
BV	电压继电器	Voltage relay
BI	阻抗继电器	Impedance relay
BDR	方向继电器	Directional relay
BDS	距离继电器	Distance relay
BC	气体继电器	Gas relay
BDR	差动继电器	Differential relay

注：引自《电力系统继电器、保护及自动化装置常用电气技术的文字符号》(JB/T 2626—2004)

表 1-2 保护与保护装置的电气文字符号 (部分)

代号	中文名称	英文名称
PE	保护装置	Protection equipment
PS	保护系统	Protection system
MP	主保护	Main protection
BUP	后备保护	Back-up protection
RBP	远后备保护	Remote back-up protection
BFP	断路器失灵保护	Breaker failure protection
DRP	方向保护	Directional protection
DEP	接地方向保护	Directional earth-fault protection
PP	纵联保护	Pilot protection
PW	导引线保护	Pilot wire protection
PLCP	电力线载波保护	Power-line-carrier protection
OLP	光纤纵联保护	Optical Link protection
DSP	距离保护	Distance Protection
DFP	差动保护	Differential Protection
GDP	发电机差动保护	Generator Differential Protection
MDP	电动机差动保护	Motor Differential Protection
TDP	变压器差动保护	Transformer Differential Protection
GTDP	发电机变压器组差动保护	Generator-transformer unit differential protection
LGDP	纵联差动保护	Longitudinal differential protection
TSDP	横联差动保护	Transverse differential protection
PDCP	分相电流差动保护	Phase-segregated differential current protection
MPP	微机型保护	Microprocessor protection
DP	数字式保护	Digital protection
WP	母线保护	Busbar protection

(续)

代号	中文名称	英文名称
CP	电容器保护	Capacitor protection
FP	馈线保护	Feeder protection
FQP	频率保护	Frequency protection
GP	发电机保护	Generator protection
MTP	电动机保护	Motor protection
TFP	变压器保护	Transformer protection
GTP	发电机变压器组保护	Generator-transformer unit protection
TLP	线路保护	Transmission line protection
OCP	过电流保护	Over current protection
NQP	非电量保护	Non-electric quantity protection
OP	过负荷保护	Overload protection
UVP	欠电压保护	Under voltage protection
OSP	失步保护	Out-of-steps protection
LFP	失磁保护	Loss of field protection
UFLS	低频减载	Under frequency load shedding
UVLS	低压减载	Under voltage load shedding
ZCP	零序电流保护	Zero-sequence current protection
ZVP	零序电压保护	Zero-sequence voltage protection

注：引自《电力系统继电器、保护及自动化装置常用电气技术的文字符号》(JB/T 2626—2004)

1.3 对继电保护的要求

作为电力系统的“外科医生”，在电力系统正常运行的情况下，并不需要它们动作。而在电力系统发生故障或异常情况时，需要继电保护判断准确、行为迅速、反应灵敏、动作可靠，从而提高电力系统的安全性、稳定性。在我国，对于继电保护的要求称为“保护四性”，即可靠性、选择性、速动性、灵敏性。

1.3.1 可靠性

保护的可靠性 (reliability of protection) 指的是在给定条件下的给定时间间隔内，保护能完成所需功能的概率。保护的安全性 (security of protection)，指在给定条件下的给定时间间隔内，保护不误动的概率。保护的信赖性 (dependability of protection)，指的是在给定条件下的给定时间间隔内，保护不拒动的概率。简单地说，可靠性是指要求继电保护在不需要它动作时可靠不动作、不误动 (安全性)，在需要它动作时应可靠动作、不拒动 (信赖性)。保护的可靠性分类示意如图 1-6 所示。

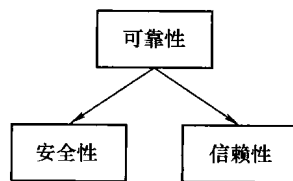


图 1-6 保护可靠性及分类示意