



银领工程系列



# 电力系统继电保护

(继电专业适用)

■ 郭光荣 主编  
■ 李 斌 副主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

银领工程系列

# 电力系统继电保护

(继电专业适用)

郭光荣 主 编

李 斌 副主编



高等教育出版社

## 内容提要

本书将传统的继电保护原理与目前广泛应用的微机保护有机地融为一体,去除了常规继电保护中用于高压输电线路继电保护过时的内容。在教材内容的安排上,对于低压的输电线路及中小容量的变压器保留了常规的继电保护装置的内容。对于高压输电线路及大容量的发电机、变压器则主要介绍了微机保护的原理、算法及逻辑框图。

全书主要内容为绪论;基础知识;电网相间短路的电流、电压保护;微机保护基础知识;电网相间短路的方向电流保护;电网的接地保护;电网的距离保护;电网的纵联保护;线路保护配置原则与实例;变压器保护;发电机保护;母线保护;电动机和并联电容器组保护;每章末尾都配有小结和复习思考题。文中带有“\*”的部分为选学内容。

本书可作为电力系统继电保护与自动化专业的高职高专教材,也可作为从事电力系统继电保护及其相关工作的工程技术人员的职工培训教材及参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护 / 郭光荣主编. —北京:高等教育出版社, 2006.7

继电专业适用

ISBN 7-04-019658-1

I. 电... II. 郭... III. 电力系统-继电保护-高等学校:技术学校-教材 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 061731 号

策划编辑 刘洋      责任编辑 欧阳舟      封面设计 张志      责任绘图 朱静  
版式设计 陆瑞红      责任校对 胡晓琪      责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司

印刷 国防工业出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16

印张 22

字数 540 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2006年7月第1版

印次 2006年7月第1次印刷

定价 27.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19658-00

# 出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自2001年10月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才。这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”。从而为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变。与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。我们的这一想法和做法也得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

我社出版的高等职业教育各专业领域技能型紧缺人才培养培训工程系列教材也将陆续纳入“银领工程”丛书系列。

“银领工程”丛书适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校开办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2006年2月

# 前 言

电力系统继电保护原理是一门理论性、技术性、实践性很强的专业主干课程。为使高职高专继电保护及自动化专业的学生成为能从事电力系统或工矿企业中电力设备继电保护装置的安装调试、检修、维护的高技能应用型专业人才,本书总结了作者多年从事职业教育的经验,并在电力行业本岗位群知识和技能结构调研的基础上,编写时去除了常规继电保护中已被淘汰的内容。本书将常规的继电保护基本原理与现代的微机保护新技术有机的结合在一起,以专业应用为目的,理论部分以必须、够用为度。在内容的安排上从最简单的继电保护基础知识入门,逐步引入微机保护的算法、线路、主设备保护的原理及目前电力系统采用的微机保护新技术,结合实际,具有较强的适用性。本书也可作为从事继电保护的运行、维护、安装调试的工程技术人员继电保护培训教材及参考书。

本书第1、2、4、7、8章由李斌编写,第3、5、6章由隆贤林编写,绪论部分及第9章由郭光荣编写,第10章由唐顺智编写,第11章由徐明编写,第12章由王秋红编写。郭光荣担任主编并负责统稿,李斌担任副主编。

本书由北京交通大学电气工程学院黄梅研究员主审,黄老师提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢!

由于作者的理论水平和实践经验有限,书中如有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2006年3月

# 本书使用符号说明

## 一、设备、元件、名词符号

T 变压器	SD 发电机灭磁开关
PD 保护装置	Y 断路器跳闸线圈
VTR 晶体管	VS 稳压二极管
VU 半导体整流桥	TVM 小型中间变压器
C 电容器	TV 电压互感器
k、k1 故障点	KV 电压继电器
V 二极管	KA 电流继电器
TX 电抗互感器(又称电抗变压器)	KD 差动继电器
QF 断路器	KG 瓦斯继电器
G 发电机	KM 中间继电器
K 继电器	KOM 保护出口中间继电器
TAM 小型中间变流器,中间电流互感器	KS 信号继电器
TA 电流互感器	KT 时间继电器
M 电动机	KZ 阻抗继电器

## 二、电压类符号

$E_A、E_B、E_C$ 系统等效电源或发电机的三相电动势	$U_{A1}、U_{B1}、U_{C1}$	} 保护安装处三相中的正、负、零序电压
$U_A、U_B、U_C$ 系统中任一母线或保护安装处的三相电压	$U_{A2}、U_{B2}、U_{C2}$	
	$U_{A0}、U_{B0}、U_{C0}$	
$U_{kA}、U_{kB}、U_{kC}$ 故障点的三相电压	$U_N$ 额定电压	
$U_{k1}、U_{k2}、U_{k0}$ 故障点的正、负、零序电压	$U_{unb}$ 不平衡电压	

## 三、电流类符号

$I_A、I_B、I_C$ 三相电流	$I_{A1}、I_{A2}、I_{A0}$	} 三相中的正、负、零序电流
$I_k$ 短路电流	$I_{B1}、I_{B2}、I_{B0}$	
$I_1、I_2、I_0$ 正、负、零序电流	$I_{C1}、I_{C2}、I_{C0}$	
$I_{kA}、I_{kB}、I_{kC}$ 故障点的三相短路电流	$I_{k1}、I_{k2}、I_{k0}$	} 故障点的正、负、零序电流

$I_{k.max}$ 最大短路电流	$I_{N.T}$ 变压器的额定电流
$I_{k.min}$ 最小短路电流	$I_{N.G}$ 发电机的额定电流
$I_L$ 负荷电流	$I_{unb}$ 不平衡电流
$I_{L.max}$ 最大负荷电流	$I_m$ 励磁电流
$I_N$ 额定电流	

#### 四、阻抗类符号

$R$ 电阻	$Z_S$ 系统阻抗
$X$ 电抗	$Z_L$ 导线 - 地阻抗
$Z = R + jX$ 阻抗	$Z_M$ 互感阻抗
$Z_1$ 线路阻抗	$R_g$ 过渡电阻
$Z_T$ 变压器阻抗	$Z_\Sigma$ 总阻抗
$Z_G$ 发电机阻抗	$Z_{\Sigma 1}, Z_{\Sigma 2}, Z_{\Sigma 0}$ 正、负、零序综合阻抗
$Z_{L.min}$ 最小负荷阻抗	$R_L$ 接地电阻

#### 五、保护装置及继电器的有关参数

$I_{act}$ 保护装置的启动电流	$U_{K.re}$ 继电器的返回电压
$I_{re}$ 保护装置的返回电流	$Z_{K.act}$ 继电器的启动阻抗
$U_{act}$ 保护装置的启动电压	$Z_{K.re}$ 继电器的返回阻抗
$U_{re}$ 保护装置的返回电压	$Z_{set}$ 继电器的整定阻抗
$Z_{act}$ 保护装置的启动阻抗	$I_K$ 加入继电器中的电流
$Z_{re}$ 保护装置的返回阻抗	$U_K$ 加入继电器中的电压
$I_{K.act}$ 继电器的启动电流	$Z_K = \frac{U_K}{I_K}$ 继电器的测量阻抗
$I_{K.re}$ 继电器的返回电流	
$U_{K.act}$ 继电器的启动电压	

#### 六、常用的系数

$K_{rel}$ 可靠系数	$K_{met}$ 配合系数
$K_{sen}$ 灵敏系数	$K_{M_0}$ 电动机自启动系数
$K_{re}$ 返回系数	$K_{aper}$ 非周期分量影响系数
$K_c$ 接线系数	$K_{ss}$ 同型系数
$K_{bra}$ 分支系数	

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

**反盗版举报电话：**(010) 58581897/58581896/58581879

**传 真：**(010) 82086060

**E - mail：**dd@hep.com.cn

**通信地址：**北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

**邮 编：**100011

**购书请拨打电话：**(010)58581118



# 目 录

绪论 .....	1	第 4 章 电网相间短路的方向 电流保护 .....	89
0.1 电力系统继电保护的作用 .....	1	4.1 方向电流保护的工作原理 .....	89
0.2 继电保护的基本原理和保护 装置的组成 .....	2	4.2 功率方向元件 .....	91
0.3 对电力系统继电保护的基本 要求 .....	5	4.3 方向电流保护接线方式 .....	94
0.4 继电器的分类及其图形符号 .....	8	4.4 方向电流保护的整定原则 .....	97
0.5 继电保护的发展简史 .....	9	第 5 章 电网的接地保护 .....	101
第 1 章 基础知识 .....	12	5.1 中性点直接接地电网接地时 零序分量的特点 .....	101
1.1 电压互感器 .....	12	5.2 中性点直接接地电网的 零序电流保护 .....	106
1.2 电流互感器 .....	20	5.3 中性点非直接接地电网的 零序电流保护 .....	113
1.3 变换器 .....	24	第 6 章 电网的距离保护 .....	117
第 2 章 电网相间短路的电流、 电压保护 .....	27	6.1 距离保护的基本原理 .....	117
2.1 电磁型继电器 .....	27	6.2 阻抗继电器分类与特性 .....	120
2.2 无时限电流速断保护 .....	33	6.3 阻抗继电器的接线方式 .....	127
2.3 限时电流速断保护 .....	36	6.4 实用方向阻抗元件的原理 .....	129
2.4 定时限过电流保护 .....	39	6.5 距离保护的振荡闭锁 .....	139
2.5 电流保护接线方式 .....	42	6.6 距离保护的电压回路断线 闭锁 .....	144
2.6 电流、电压联锁速断保护 .....	44	6.7 选相元件 .....	145
2.7 阶段式电流保护 .....	45	6.8 过渡电阻对距离保护的影响 .....	149
2.8 反时限电流保护 .....	50	6.9 距离保护的整定计算 .....	153
第 3 章 微机保护基础知识 .....	54	*6.10 距离保护装置介绍 .....	157
3.1 微机保护硬件组成及作用 .....	54	第 7 章 电网的纵联保护 .....	162
3.2 数据采集系统 .....	56	7.1 纵联保护的原理与分类 .....	162
3.3 开关量输入/输出系统原理 .....	65	7.2 纵联保护通道 .....	165
3.4 微机保护算法 .....	67		
3.5 微机保护的软件构成 .....	81		
3.6 提高微机保护可靠性的措施 .....	83		

7.3 纵联差动保护 .....	171	10.5 发电机相间短路后备保护 .....	283
7.4 纵联方向保护 .....	176	10.6 同步发电机的负序电流保护和过负荷保护 .....	285
7.5 纵联距离、零序方向保护 .....	188	10.7 励磁回路接地保护 .....	288
* 第8章 线路保护配置原则与实例 .....	192	10.8 同步发电机失磁保护 .....	293
8.1 线路保护配置原则 .....	192	* 10.9 同步发电机失步保护、逆功率保护 .....	300
8.2 线路保护实例 .....	197	* 10.10 同步发电机异常工况保护 .....	303
第9章 变压器保护 .....	208	10.11 发电机-变压器组成套保护 .....	305
9.1 电力变压器的故障不正常运行状态及其相应的保护方式 .....	208	第11章 母线保护 .....	310
9.2 变压器的瓦斯保护 .....	210	11.1 概述 .....	310
9.3 变压器的纵差动保护 .....	212	11.2 母线差动保护原理 .....	312
9.4 变压器相间短路的后备保护及过负荷保护 .....	229	11.3 双母线的完全差动保护 .....	315
9.5 变压器零序电流、电压保护 .....	234	11.4 断路器失灵保护 .....	321
9.6 变压器微机保护的配置 .....	238	第12章 电动机和并联电容器组保护 .....	324
9.7 比率制动式差动保护原理 .....	240	12.1 电动机的故障和不正常运行状态 .....	324
9.8 工频变化量比率差动保护 .....	251	12.2 电动机的相间短路保护 .....	325
9.9 变压器本体主保护 .....	252	12.3 电动机的单相接地保护 .....	330
9.10 主变后备保护 .....	252	12.4 电动机的低电压保护 .....	330
第10章 发电机保护 .....	261	12.5 微型电动机保护 .....	332
10.1 概述 .....	261	12.6 并联电容器组保护 .....	336
10.2 同步发电机的纵联差动保护 .....	263	参考文献 .....	341
10.3 同步发电机定子绕组匝间短路保护 .....	271		
10.4 发电机的单相接地保护 .....	277		

# 绪 论



## 要求

熟悉继电保护的的任务及“四性”基本要求



## 知识点

- 继电保护的构成原理及保护的判据
- 电力系统的故障及不正常方式
- 继电保护的发展和继电保护目前的技术现状
- 继电保护的的任务
- 电力系统对继电保护的“四性”要求



## 重点和难点

- 继电保护的构成原理
- 继电保护的“四性”要求

## 0.1 电力系统继电保护的作用

电力系统在运行中,可能出现各种故障和不正常运行状态,最常见同时也是最危险的故障是发生各种形式的短路。在发生短路时可能产生以下的后果:

- ① 通过故障点的很大的短路电流和所燃起的电弧,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,引起它们的损坏或缩短它们的使用寿命。
- ③ 电力系统中部分地区的电压大大降低,破坏用户工作的稳定性或影响工厂产品质量。
- ④ 破坏电力系统并列运行的稳定性,引起系统振荡,甚至使整个系统瓦解。

电力系统中电气元件的正常工作遭到破坏,但没有发生故障,这种情况属于不正常运行状态。例如,因负荷超过电气设备的额定值而引起的电流升高(一般又称过负荷),就是一种最常见的不正常运行状态。由于过负荷,使元件载流部分和绝缘材料的温度不断升高,加速绝缘的老化和损坏,就可能发展成故障。此外,系统中出现功率缺额而引起的频率降低,发电机突然甩负荷而产生的过电压,以及电力系统发生振荡等,都属于不正常运行状态。

故障和不正常运行状态,都可能在电力系统中引起事故。事故,就是指系统或其中一部分的正常工作遭到破坏,并造成对用户少送电或电能质量变坏到不能容许的地步,甚至造成人身伤亡和电气设备的损坏。

在电力系统中,除应采取各项积极措施消除或减少发生故障的可能性以外,故障一旦发生,必须迅速而有选择性地切除故障元件,这是保证电力系统安全运行的最有效方法之一。切除故障的时间常常要求小到十分之几甚至百分之几秒,实践证明只有在每个电气元件上装设一种具有“继电特性”的自动装置才有可能满足这个要求。

所谓继电保护装置,就是指能反映电力系统中电气元件发生故障或不正常运行状态,并动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。它的基本任务是:

① 自动、迅速、有选择性地切除故障元件,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 反映电气元件的不正常运行状态,并根据运行维护的条件(例如有无经常值班人员),而动作于发出信号、减负荷或跳闸。此时一般不要求保护迅速动作,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。

常规的继电保护装置是由单个继电器或继电器与其附属设备的组合构成的,而微机继电保护装置是由计算机取代了单个的继电器,它的特性主要由程序决定。微机保护装置的出现很好地解决了常规继电保护装置难于解决的诸多难题。目前微机保护在电力系统中的普遍应用,极大地提高了电力系统的安全性,并保证了供电的可靠性。

在电力系统中,常用“继电保护”一词泛指继电保护技术或由各种继电保护装置组成的系统。

## 0.2 继电保护的基本原理和保护装置的组成

为完成继电保护所担负的任务,显然应该要求它能够正确地地区分系统正常运行与发生故障或不正常运行状态之间的差别,以实现保护。

### 0.2.1 继电保护的基本原理

利用正常运行与区内外短路故障电气参数变化的特征构成保护的判据,根据不同的判据就构成不同原理的继电保护。

如图 0-1(a) 所示的网络接线,在电力系统正常运行时的特点:

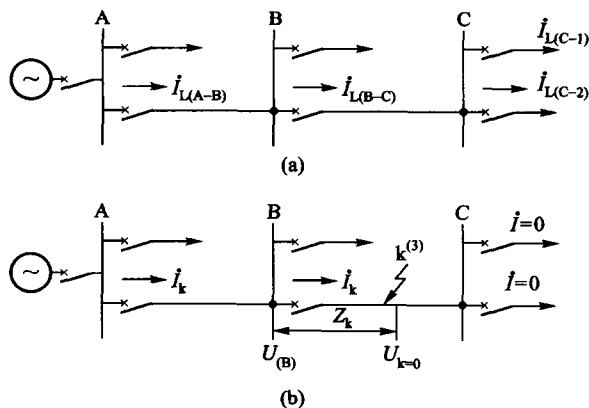


图 0-1 单侧电源网络接线

(a) 正常运行情况 (b) k 点三相短路的情况

① 每条线路上都流过由它供电的负荷电流  $I_L$ 。

② 各变电站母线上的电压,一般都在额定电压  $\pm(5\% \sim 10\%)$  的范围内变化,且靠近于电源端母线上的电压较高。

③ 线路始端电压与电流之间的相位角决定于由它供电的负荷的功率因数角和线路的参数。由电压与电流之比值所代表的“测量阻抗”,则是在线路始端所感受到的、由负荷所反映出来的一个等效阻抗,其值一般很大。

当系统发生故障时,其状况如图 0-1(b) 所示。假定在线路 L(B-C) 上发生三相短路,其特点:

① 各变电站母线上的电压也将将在不同程度上有很大的降低,短路点的电压  $U_k$  降低到零。

② 从电源到短路点之间均将流过很大的短路电流  $I_k$ 。

③ 设以  $Z_k$  表示短路点到变电站 B 母线之间的阻抗,则母线上的残余电压应为  $\dot{U}_{(B)} = \dot{I}_k Z_k$ , 此时,在保护安装处母线电压与电流之比的阻抗,即测量阻抗就是  $Z_k$ , 此测量阻抗的大小正比于短路点到变电站 B 母线之间的距离。

在一般的情况下,发生短路之后,总是伴随有电流的增大、电压的降低、线路始端测量阻抗的减小,以及电压与电流之间相位角的变化。因此,利用正常运行与故障时这些基本参数的区别,便可以构成各种不同原理的继电保护,例如:

① 反应电流增大而动作的过电流保护。

② 反应电压降低而动作的低电压保护。

③ 反应短路点到保护安装地点之间的距离(或测量阻抗的减小)而动作的距离保护(或低阻抗保护)等。

此外,对于双电源的线路,如图 0-2 中的线路 L(A-B), 正常运行时,在某一瞬间,负荷电流总是从一侧流入而从另一侧流出,如图 0-2(a) 所示。如果统一规定电流的正方向都是从母线流向线路(图 0-2 中所示电流方向是实际的方向,不是假定的正方向),那么,按照规定的正

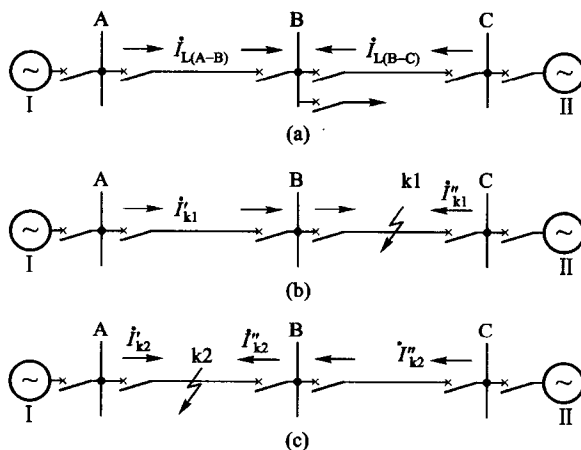


图 0-2 双电源网络接线

(a) 正常运行情况 (b)  $k_1$  短路时的电流的分布 (c)  $k_2$  点短路时电流的分布

方向,  $L(A-B)$  两侧电流的大小相等, 而相位相差  $180^\circ$ 。当在线路  $L(A-B)$  范围以外的  $k_1$  点短路时, 如图 0-2(b) 所示, 由电源 I 所供给的短路电流  $I'_{k_1}$  将流过线路  $L(A-B)$ , 此时  $L(A-B)$  两侧的电流仍然是大小相等、相位相反, 其特征与正常运行时一样。如果短路发生在线路  $L(A-B)$  的范围以内的  $k_2$  点, 如图 0-2(c) 所示, 由于两侧电源均分别向短路点  $k_2$  供给短路电流  $i'_{k_2}$  和  $i''_{k_2}$ , 因此, 在线路  $L(A-B)$  两侧的电流都是由母线流向线路, 此时两个电流的大小一般都不相等, 在理想情况下(两侧电动势同相位且全系统的阻抗角相等), 两个电流同相位。

在双电源线路中利用每个电气元件在内部故障与外部故障(包括正常运行情况)时, 两侧电流相位或功率方向的差别, 就可以构成各种差动原理的保护, 如纵联差动保护、方向高频保护等。差动原理的保护只能在被保护元件的内部故障时动作, 而不反映外部故障, 因而被认为具有绝对的选择性。

在按照上述原理构成各种继电保护装置时, 可以使它们的参数反映各相中的电流和电压(如相电流、相或线电压), 也可以使之仅反映其中的某一个对称分量(如负序、零序或正序)的电流和电压。由于在正常运行情况下, 负序和零序分量不会出现, 而在发生不对称接地短路时, 它们都具有较大的数值; 在发生不接地的不对称短路时, 虽然没有零序分量, 但负序分量却很大。因此, 利用这些分量构成的保护装置, 一般都具有良好的选择性和灵敏性, 这正是这种保护装置获得广泛应用的原因。

除上述反应于各种电气量的保护以外, 还有根据电气设备的特点实现反应于非电量的保护。例如, 当变压器油箱内部的绕组短路时, 反应油被分解所产生的气体而构成的瓦斯保护; 反应于电动机绕组的温度升高而构成的过负荷或过热保护等。

以上各种原理的保护, 可以由继电保护装置来实现。

## 0.2.2 继电保护装置的组成

通常继电保护装置由测量部分、逻辑部分和执行部分组成, 其原理结构如图 0-3 所示, 现分述如下。

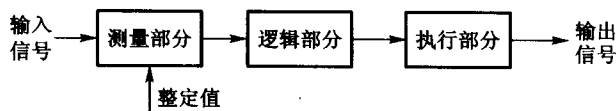


图 0-3 继电保护装置原理结构图

### (1) 测量部分

测量部分是测量被保护对象输入的有关电气量, 并与已给定的整定值进行比较, 根据比较的结果, 从而判断保护是否应该启动。

### (2) 逻辑部分

逻辑部分是依据测量部分各输出量的大小、性质、输出的逻辑状态、出现的顺序或它们的组合, 使保护装置按一定的逻辑关系工作, 最后确定是否应该使断路器跳闸或发出信号, 并将有关命令传给执行部分。继电保护中常用的逻辑回路有或、与、否、“延时起动”、“延时返回”以及“记忆”等回路。

### (3) 执行部分

执行部分是依据逻辑部分输出的信号, 最后完成保护装置所担负的任务。如故障时, 动作于

跳闸;不正常运行时,发出信号;正常运行时,不动作等。

### 0.3 对电力系统继电保护的基本要求

动作于跳闸的继电保护,在技术上一般应满足四个基本要求,即选择性、速动性、灵敏性和可靠性,现分别讨论如下。

#### 0.3.1 选择性

继电保护动作的选择性是指保护装置动作时,仅将故障元件从电力系统中切除,使停电的范围尽量小,以保证系统中的无故障部分仍能继续工作。

在图 0-4 所示的网络接线中,当 k1 点短路时,应由距短路点最近的保护 1 和 2 动作跳闸,将故障线路切除,变电站 B 则仍可由另一条无故障的线路继续供电。而当 k3 点短路时,保护 6 动作跳闸,切除线路 C-D,此时只有变电站 D 停电。由此可见,继电保护有选择性的动作可将停电范围限制到最小,甚至可以做到不中断向用户供电。

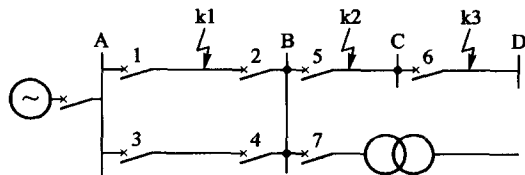


图 0-4 单侧电源网络中有选择性动作说明

在要求继电保护动作有选择性的同时,还必须考虑继电保护或断路器有拒绝动作的可能性,因而就需要考虑后备保护的问题。如图 0-4 所示,当 k3 点短路时,距短路点最近的保护 6 本应动作切除故障,但由于某种原因,该处的继电保护或断路器拒绝动作,故障便不能消除,此时如其前面一条线路(靠近电源侧)的保护 5 能动作,故障也可消除。保护 5 作为相邻元件的后备保护。同理,保护 1 和 3 又应该作为保护 5 和 7 的后备保护。按以上方式构成的后备保护是在远处实现的,因此又称为远后备保护。

一般情况下远后备保护动作切除故障时将使供电中断的范围扩大。

在复杂的高压电网中,当实现远后备保护在技术上有困难时,也可以采用近后备保护的方式。即当本元件的主保护拒绝动作时,由本元件的另一套保护作为后备保护;当断路器拒绝动作时,由同一发电厂或变电站内的有关断路器动作,实现后备。为此,在每一元件上应装设单独的主保护和后备保护,并装设必要的断路器失灵保护。由于这种后备作用是在主保护安装处实现,因此,称它为近后备保护。

应当指出,远后备的性能是比较完善的,它对相邻元件的保护装置、断路器、二次回路和直流电源所引起的拒绝动作,均能起到后备作用,同时实现起来简单、经济,因此,在电压较低的线路上应优先采用,只有当远后备不能满足灵敏度和速动性的要求时,才考虑采用近后备的方式。根据以上分析在继电保护的配置上有以下几个基本概念:

① 主保护:尽可能快速(符合要求)地切除被保护元件内部故障的保护叫主保护。

② 后备保护:当被保护元件主保护拒动时利用该保护切除相应断路器的保护叫后备保护。后备保护分近后备和远后备。

③ 辅助保护:为补充主保护某种性能的不足(如方向元件的电压死区)或加速切除某部分故障而装设的简单保护,如无时限电流速断。

### 【课堂讨论】

何谓远后备保护和近后备保护?它们有何异同?

### 0.3.2 速动性

快速地切除故障可以提高电力系统并联运行的稳定性,减少用户在电压降低的情况下工作的时间,以及缩小故障元件的损坏程度。因此,在发生故障时,应力求保护装置能迅速动作,切除故障。

动作迅速而同时又能满足选择性要求的保护装置,一般结构比较复杂,价格比较昂贵。在一些情况下,电力系统允许保护装置带有一定的延时切除故障。因此,对继电保护速动性的具体要求,应根据电力系统的接线以及被保护元件的具体情况来确定。下面列举一些必须快速切除的故障:

- ① 根据维持系统稳定的要求,必须快速切除的高压输电电路上发生的故障。
- ② 使发电厂或重要用户的母线电压低于允许值(一般为0.7倍额定电压)的故障。
- ③ 大容量的发电机、变压器以及电动机内部发生的故障。
- ④ 1~10 kV线路导线截面过小,为避免过热不允许延时切除的故障等。
- ⑤ 可能危及人身安全、对通信系统或铁道号志系统有强烈干扰的故障等。

故障切除的总时间等于保护装置和断路器动作时间之和。一般的快速保护的动作为0.04~0.08 s,最快的可达0.01~0.02 s;一般的断路器的动作时间为0.06~0.15 s,最快的可达0.02~0.06 s。

### 0.3.3 灵敏性

继电保护的灵敏性,是指对于其保护范围内发生故障或不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是在事先规定的保护范围内部故障时,不论短路点的位置、短路的类型如何,以及短路点是否有过渡电阻,都能敏锐感觉,正确反应。保护装置的灵敏性,通常用灵敏系数来衡量,它主要决定于被保护元件和电力系统的参数和运行方式。灵敏系数应根据常见的不利方式和不利的短路形式计算。

在进行整定计算时,常用到最大运行方式和最小运行方式。所谓最大运行方式指流过保护装置的短路电流为最大的方式;所谓最小运行方式指流过保护装置的短路电流为最小的运行方式。

反应故障参数增加的保护装置(如电流保护),其灵敏系数为

$$K_{\text{sen}} = \frac{I_{k,\text{min}}}{I_{\text{act}}}$$



式中  $I_{k.min}$ ——保护区末端金属性短路时保护安装处故障参数的最小值；  
 $I_{act}$ ——保护装置的动作参数。

反应故障参数降低的保护装置(如低电压保护),其灵敏系数为

$$K_{sen} = \frac{U_{act}}{U_{k.max}}$$

式中  $U_{k.max}$ ——保护区末端金属性短路时保护安装处故障参数的最大值；  
 $U_{act}$ ——保护装置的动作参数。

在国家标准《继电保护和安全自动装置技术规程》GB14285—1993中,对各类保护灵敏系数的要求都作了具体规定。关于这个问题在以后各章中还将分别予以讨论。

### 0.3.4 可靠性

保护装置的可靠性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,而在任何其他该保护不应该动作的情况下,则不应该误动作。

可靠性主要是针对保护装置本身的质量和运行维护水平而言。一般说来,保护装置的组成元件的质量越高、接线越简单、回路中继电器的触点数量越少,保护装置的工作就越可靠。同时,精细的制造工艺、正确的调整试验、良好的运行维护以及丰富的运行经验,对于提高保护的可靠性也具有重要的作用。

继电保护装置的误动作和拒绝动作都会给电力系统造成严重的危害。但提高其不误动的可靠性和不拒动的可靠性的措施常常是互相矛盾的。由于电力系统的结构和负荷性质的不同,误动和拒动的危害程度有所不同,因而提高保护装置可靠性的着重点在各种具体情况下也应有所不同。应根据电力系统和负荷的具体情况采取适当的措施。

为了便于分析继电保护装置的可靠性,在有些文献中将继电保护不误动的可靠性称为“安全性”,而将其不拒动和不会非选择性动作的可靠性称为“可信赖性”,意指保护装置的动作行为完全依附于电力系统的故障情况。安全性和可信赖性基本上都属于可靠性的范畴,因此本书仍沿用我国传统的四个基本要求(或称“四性”)的提法。

以上四个基本要求是分析研究继电保护性能的基础,也是贯穿全课程的一条基本线索。它们之间,既有矛盾的一面,又有在一定条件下统一的一面。当统一的条件不满足时必然催生一个继电保护的新原理来满足“四性”的要求。从而继电保护的科学研究、设计、制造和运行的绝大部分工作都是围绕着如何处理好这四个基本要求之间的辩证统一关系而进行的,在学习这门课程时应注意学习和运用这样的思考和分析方法。

选择继电保护方式除应满足上述的基本要求外,还应该考虑经济条件。首先应从国民经济的整体利益出发,按被保护元件在电力系统中的作用和地位来确定保护方式,而不能只从保护装置本身的投资来考虑,这是因为保护不完善或不可靠而给国民经济造成的损失,一般都远远超过即使是最复杂的保护装置的投资。但要注意对较为次要的数量很多的电气元件(如低压配电线、小容量电动机等),也不应该装设过于复杂和昂贵的保护装置。