

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材
国家级精品资源共享课配套教材

继电保护整定 实例与调试

谢珍贵 许建安 主编

JIDIAN BAOHU ZHENG DING
SHI LI YU TIAOSHI



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材
国家级精品资源共享课配套教材

继电保护整定实例与调试

主编 谢珍贵 许建安
参编 路文梅 张沛云



机械工业出版社

本书阐述了继电保护的输电线路、变压器、发电机整定计算实例,常用继电器检验方法,微机成套保护检验方法等内容。主要内容包括:绪论,输电线路电流、电压保护整定计算,输电线路距离保护整定计算,电力变压器保护整定计算,发电机保护整定计算,电磁型继电器的检验,微机保护装置的检验,输电线路保护装置的检验,主设备保护装置的检验等。

本书可作为高职高专院校电力技术类专业的教材,也可供本科生及相关专业工程技术人员参考。

本书为国家级精品资源共享课程“电力系统继电保护”的配套教材,配套资源丰富,有教学视频、课程大纲、课程考核标准、学习指南等,详见课程网站 http://www.icourses.cn/coursestatic/course_3761.html。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护整定实例与调试/谢珍贵,许建安主编. —北京:机械工业出版社,2014.8

高职高专“十二五”电力技术类专业规划教材 国家级精品资源共享课配套教材

ISBN 978-7-111-47187-5

I. ①继… II. ①谢…②许… III. ①电力系统—继电保护—高等教育—教材②电力系统—调试—高等教育—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 140850 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:王宗锋 责任编辑:王宗锋 苑文环

版式设计:霍永明 责任校对:肖琳

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15 印张·365 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-47187-5

定价:29.00 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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书为国家级精品资源共享课程“电力系统继电保护”的配套教材。本书阐述了电力系统继电保护整定计算的目的、任务、要求及整定规程；由于微机技术、信息技术和通信技术的发展，微机继电保护装置已占据了主导地位，因此始终将微机保护装置检验内容贯穿本书的全部内容。本书编写中力求重点突出，突出高技能的培养，理论联系实际。

本书主要内容包括：绪论，输电线路电流、电压保护整定计算，输电线路距离保护整定计算，电力变压器保护整定计算，发电机保护整定计算，电磁型继电器的检验，微机保护装置的检验，输电线路保护装置的检验，主设备保护装置的检验。

本书由福建水利电力职业技术学院谢珍贵、许建安任主编，河北工程技术高等专科学校路文梅与山东电力高等专科学校张沛云参编。任务分工如下：第1章由路文梅编写；第2、3、5、7、8章由谢珍贵编写；第4章由张沛云编写；第6章和第9章由许建安编写。本书由谢珍贵统稿。

由于作者水平有限，书中错误和不足在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 继电保护整定计算的目的	1
1.2 继电保护整定计算的基本任务	1
1.3 继电保护整定计算的步骤	2
1.4 运行方式的选择原则	2
1.5 定时限时间级差的选择	3
1.6 整定系数的分析	4
1.7 整定配合的基本原则	7
1.8 35kV 中性点非直接接地电网中的 线路保护配置原则	8
1.8.1 概述	8
1.8.2 相间保护	9
1.8.3 接地保护	11
1.9 3~110kV 电网继电保护装置 运行整定规程	11
1.9.1 总则	11
1.9.2 继电保护运行整定的基本原则	12
1.9.3 继电保护对电网接线和 调度运行的配合要求	14
1.9.4 继电保护整定的规定	15
第2章 输电线路电流、电压 保护整定计算	17
2.1 电流、电压保护 整定计算考虑原则	17
2.2 阶段式电流、电压保护 整定计算实例	17
2.3 输电线路零序电流 保护整定计算	39
2.3.1 110kV 单侧电源线路 整定计算一般原则	39
2.3.2 110kV 双侧电源线路 整定计算一般原则	40
2.3.3 110~220kV 线路接地保护 整定计算一般原则	41
2.4 零序电流保护整定计算实例	42
2.5 微机保护算法实例	50
第3章 输电线路距离保护 整定计算	58
3.1 输电线路距离保护整定一般原则	58
3.1.1 距离保护整定计算的 准备工作及主要项目	58
3.1.2 保护各段整定值配合原则和 助增系数计算原则	58
3.1.3 一般原则	60
3.2 输电线路距离保护整定计算实例	61
第4章 电力变压器保护整定计算	85
4.1 概述	85
4.2 微机变压器纵差保护的整定	85
4.3 电力变压器保护整定计算实例	86
4.4 RET316 型变压器纵联差动保护	94
第5章 发电机保护整定计算	102
5.1 发电机保护的一般原则	102
5.2 发电机变压器组保护整定计算	104
5.2.1 发电机比率制动差动保护	104
5.2.2 发电机第一类变制动 系数比率差动保护	105
5.2.3 发电机第二类变制动 系数比率差动保护	106
5.2.4 发电机标积制动式 比率差动保护	106
5.2.5 差动保护的整定计算	107
5.3 发电机差动保护整定计算实例	110
5.4 发电机变压器组 ABB 继电保护整定计算	117
5.4.1 REG216 型标积制动式 比率差动保护	117
5.4.2 标积制动式比率差动 保护整定计算步骤	119
5.5 发电机保护整定实例	119

5.5.1 发电机相间短路 后备保护实例	119	7.3.1 电流保护	179
5.5.2 电压制动反时限过电流保护	124	7.3.2 电压保护	181
5.5.3 发电机失磁保护实例	131	7.3.3 功率方向保护	183
5.5.4 故障分析实例	132	7.3.4 阻抗保护	186
第6章 电磁型继电器的检验	140	第8章 输电线路保护装置的检验	188
6.1 检验的分类、 期限及注意事项	140	8.1 检验规程	188
6.2 继电保护准确度和 精密度的表示方法	141	8.1.1 通则	188
6.2.1 测量误差的表示方法	141	8.1.2 检验项目	188
6.2.2 继电器准确度的表示方法	142	8.1.3 全部定期检验项目	189
6.2.3 继电器动作测量准确度的 表示方法	143	8.1.4 部分定期检验项目	190
6.3 继电保护装置一般性 检验项目和要求	143	8.1.5 外部及内部检查	190
6.4 继电保护装置一般性试验方法	145	8.1.6 检验整定值输入功能	192
6.5 检验电源	147	8.1.7 检验模-数转换系统	192
6.5.1 试验电源及其要求	147	8.1.8 整组检验	193
6.5.2 畸变系数、纹波 系数及其测定	149	8.2 电流增量保护	194
6.6 常用继电器的检验	149	8.3 距离保护装置	196
6.6.1 DL-10 系列电流 继电器的检验	149	8.4 输(配)线路保护装置	199
6.6.2 电磁型电压继电器的检验	152	8.4.1 35~110kV 线路保护	199
6.6.3 中间继电器的检验	154	8.4.2 馈线保护装置	205
第7章 微机保护装置的检验	157	第9章 主设备保护装置的检验	208
7.1 基本电气试验方法	157	9.1 PST-1200 型变压器微机成套 保护现场调试	208
7.1.1 继电保护装置的准确度及 表示方法	157	9.1.1 准备工作及要求	208
7.1.2 基本参数的测量	159	9.1.2 单机检查	209
7.1.3 动作特性的检验	163	9.1.3 模-数转换系统检查	210
7.1.4 时间参数的检验	168	9.2 WBH-100 型微机变压器保护 装置现场调试	211
7.2 微机继电保护装置的通用 检验方法	171	9.3 电力变压器微机保护装置检验	213
7.2.1 微机保护装置的硬件 性能检验	171	9.3.1 检验种类及期限	213
7.2.2 微机保护装置的软件 性能检验	175	9.3.2 检验项目	215
7.3 基础保护检验	179	9.3.3 现场开箱检验	215
		9.3.4 外观及接线检查	216
		9.3.5 绝缘检验	216
		9.3.6 逆变电源的检验	217
		9.3.7 通电初步检验	217
		9.3.8 开关量输入回路检验	218
		9.3.9 开出传动检验	218
		9.3.10 微机继电保护装置 运行维护	219

9.3.11 继电保护装置的投退操作	220	9.4.6 电流回路 TA 断线闭锁保护	229
9.4 变压器保护成套装置检验	221	9.5 发电机保护装置检验	230
9.4.1 变压器差动保护	221	9.5.1 检验测试准备	230
9.4.2 方向过电流保护	223	9.5.2 发电机差动保护	231
9.4.3 零序方向过电流保护	224	9.5.3 发电机横差保护	232
9.4.4 复合电压方向过电流保护	226	9.5.4 电压回路断线闭锁保护	232
9.4.5 非全相保护	228	参考文献	234

第1章 绪 论

1.1 继电保护整定计算的目的

继电保护装置(以下简称继电保护)属于二次系统,但是,它是电力系统中的一个重要组成部分,它对电力系统的安全稳定运行起着极为重要的作用。继电保护整定计算是继电保护工作中的一项重要工作。在电力生产运行工作和电力工程设计工作中,继电保护整定计算是一项必不可少的内容。不同的部门其整定计算的目的有所不同。

对于电力系统的各级调度部门,其整定计算的目的是对电力系统中已配置安装好的各种继电保护,按照具体电力系统的参数和运行要求,通过计算分析给出所需的各项整定值,使全系统各种继电保护有机协调地布置,正确地发挥作用。

对于电力工程的设计部门,其整定计算的目的是对电力系统进行计算分析,选择和论证继电保护的配置及选型正确性。

继电保护是建立在电力系统基础之上的,它的构成原则和作用必须符合电力系统的内在规律。继电保护自身在电力系统中也构成一个有严密配合关系的整体,从而形成了继电保护的系统性。

1.2 继电保护整定计算的基本任务

继电保护整定计算的基本任务就是要对各种继电保护给出整定值。而对电力系统中的全部继电保护来说,则需编制出一个整定计算方案。整定计算方案通常可按电力系统的电压等级或设备来编制,还可按继电保护的功能划分方案分别进行。

各种继电保护适应电力系统运行变化的能力都是有限的,因而继电保护方案也不是一成不变的。随着电力系统运行情况的变化(包括建设发展和运行方式变化),当超出预定的适应范围时,就需要对全部或部分继电保护重新进行整定,以满足新的运行需要。

必须注意 任何一种保护装置的性能都是有限的,即任何一种保护装置对电力系统的适应能力都是有限的。当电力系统的要求超出该种保护装置所能承担的最大变化限度时,该保护装置便不能完成保护任务。

当继电保护的配置和选型均难以满足电力系统的特殊需要时,必须考虑暂时改变电力系统的需要或采取某些临时措施加以解决。

继电保护整定计算既有自身的整定问题,又有继电保护的配置与选型问题,还有电力系统的结构和运行问题。因此,整定计算要综合、辩证、统一地运用。

整定计算的具体任务有以下几点:

- 1) 绘制电力系统接线图。
- 2) 绘制电力系统阻抗图。

- 3) 建立电力系统设备参数表。
- 4) 建立电流、电压互感器参数表。
- 5) 确定继电保护整定需要满足的电力系统规模及运行方式变化限度。
- 6) 电力系统各点短路计算结果列表。
- 7) 建立各种继电保护整定计算表。
- 8) 按继电保护功能分类, 分别绘制出整定值。
- 9) 编写整定方案报告书, 着重说明整定原则问题、整定结果评价、存在的问题及采取的对策等。

1.3 继电保护整定计算的步骤

- 1) 按继电保护功能分类拟定短路计算的运行方式, 选择短路类型, 选择分支系数的计算条件。
- 2) 进行短路故障计算, 录取结果。
- 3) 按同一功能的保护进行整定计算, 选取整定值并做出定值图。
- 4) 对整定结果分析比较, 选出最佳方案; 最后应归纳出存在的问题, 并提出运行要求。
- 5) 画出定值图。
- 6) 编写整定方案说明书, 一般应包括以下内容:
 - ① 方案编制的时间、电力系统概况。
 - ② 电力系统运行方式的选择原则及变化限度。
 - ③ 主要的、特殊的整定原则。
 - ④ 方案存在的问题及对策。
 - ⑤ 继电保护的运行规定, 如保护的停、投, 改变定值、改变使用要求以及对运行方式的限制要求等。
 - ⑥ 方案的评价及改进方向。

1.4 运行方式的选择原则

继电保护整定计算用的运行方式, 是在电力系统确定好运行方式的基础上, 在不影响继电保护的保护效果的前提下, 为提高继电保护对运行方式变化的适应能力而进一步选择的, 特别是有些问题主要由继电保护方面考虑决定的。如变压器中性点是否接地运行, 变压器绝缘性能有没有特殊规定。整定计算用的运行方式选择合理与否, 不仅影响继电保护的保护效果, 也会影响继电保护配置和选型正确性。

确定运行方式的限度, 就是确定最大和最小运行方式, 它应以满足常见运行方式为基础, 在不影响保护效果的前提下, 适当加大变化范围。其一般原则如下:

- 1) 必须考虑检修与故障两种状态的重叠出现, 但不考虑多种重叠。
- 2) 不考虑极少见的特殊方式。必要时, 可采取特殊措施加以解决。

1. 发电机、变压器运行方式选择原则

- 1) 一个发电厂有两台机组时, 一般应考虑全停方式, 一台检修, 另一台故障; 当有三

台以上机组时,则选择其中两台容量较大机组同时停用的方式。对水电厂,还应根据水库运行方式进行选择。

2) 一个发电厂、变电站的母线上无论接几台变压器,一般应考虑其中容量最大的一台停用。

2. 变压器中性点接地选择原则

- 1) 发电厂、变电所低压侧有电源的变压器,其中性点均要接地。
- 2) 自耦型和有绝缘要求的其他变压器,其中性点必须接地。
- 3) T接于线路上的变压器,以不接地运行为宜。
- 4) 为防止操作过程中产生过电压,在操作时应临时将变压器中性点接地,操作完毕后再断开,这种情况不按接地运行考虑。

3. 线路运行方式选择原则

1) 一个发电厂、变电站母线上接有多条线路时,一般考虑一条检修,另一条线路故障的方式。

2) 双回路一般不考虑同时停用。

4. 流过保护的最大、最小短路电流计算方式的选择

(1) 相间短路 对单侧电源的辐射形网络,流过保护的最大短路电流出现在最大运行方式;而最小短路电流则出现在最小运行方式。

对于双电源的网络,一般(当取 $X_1 = X_2$ 时)与对侧电源的运行方式无关,可按单侧电源的方法选择。

对于环状网络中的线路,流过保护的最大短路电流应选开环运行方式,开环点应选在所整定保护线路的相邻下一级线路上;而对于最小短路电流,则应选闭环运行方式。同时再合理地停用该保护背后的机组、变压器及线路。

(2) 零序电流保护 对于单侧电源的辐射形网络,流过保护的最大零序短路电流与最小零序电流,其选择方法可参照明间短路,只需注意变压器接地点的变化。

对于双电源的网络及环状网络,同样参照明间短路。其重点也是考虑变压器接地点的变化。

5. 选取流过保护的最大负荷电流的原则

- 1) 备用电源自动投入引起的增加负荷。
- 2) 并联运行线路的减少,负荷的转移。
- 3) 环状网络的开环运行,负荷的转移。
- 4) 对于双侧电源的线路,当一侧电源突然切除发电机时,引起另一侧增加负荷。

1.5 定时限时间级差的选择

时间级差应根据时间继电器的精度选择。表1-1为各种保护整定配合的时间级差。选择时间级差时应注意的一些问题如下:

1) 时间继电器的整定范围越大,误差也越大。随着保护整定时间的加长,时间级差应选择较大者。

2) 当保护装置中的时间继电器(元件)精度较高时,可选择较小的时间级差。

- 3) 当相邻一级保护在故障情况下可能产生相继动作时, 可选择较小的时间级差。
- 4) 保护装置的工作逻辑无论如何复杂, 其整定时间均指整套保护从动作开始至发出跳闸脉冲的全部时间。
- 5) 时间级差是指上一级某一级保护相对于下一级与其配合整定的保护段的整定时间而言。

表 1-1 各种保护整定配合的时间级差

保护配合方式	相配合的保护类型	电磁型时间继电器 $\Delta t/s$	微机型保护 $\Delta t/s$	备注
延时段与瞬时 段配合	电流、电压保护	0.4 ~ 0.5	0.25 ~ 0.3	
	横差平衡保护	0.3 ~ 0.4	0.25 ~ 0.35	考虑相继动作时间
	距离保护	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4	距离一段不经切换
		0.35 ~ 0.5	0.4 ~ 0.5	距离一段经过切换
延时段与延时段配合	电流、电压保护或距离保护	0.35 ~ 0.5	0.2 ~ 0.3	

1.6 整定系数的分析

继电保护的整定值一般通过计算公式得出, 为使整定值符合电力系统正常运行及故障状态下的规律, 达到正确整定目的, 计算公式中需要引入各种整定系数。整定系数应根据保护装置的构成原理、检测精度、动作速度、整定条件及电力系统运行特性等因素来选择。

1. 可靠系数 K_{rel}

由于计算、测量、调试及继电器等各项误差的影响, 使保护的整定值偏离预定数值则可能引起动作。为此, 整定计算公式中引入可靠系数, 用 K_{rel} 表示。

可靠系数的取值与多种因素有关, 整定计算时应参照表 1-2 选择, 同时应考虑以下几种情况:

表 1-2 各种保护整定配合系数

保护类型	保护段	整定配合条件	定时限保护 K_{rel}
电流(电压)速动保护	瞬时段	按不伸出变压器差动保护范围整定	1.3 ~ 1.4
		按躲过线路末端短路或背后短路整定	1.25 ~ 1.3
		与相邻电流速动保护配合(前加速)整定	1.1 ~ 1.15
		按躲过振荡电流或残压整定	1.1 ~ 1.2
电流(电压)限时速断保护	延时段	按不伸出变压器差动保护范围整定	1.2 ~ 1.3
		与相邻同类型电流(电压)保护配合整定	1.1 ~ 1.15
		与相邻不同类型电流(电压)保护配合整定	1.2 ~ 1.3
		与相邻距离保护配合整定	1.2 ~ 1.3

(续)

保护类型	保护段	整定配合条件	定时限保护 K_{rel}				
电流闭锁、 电压速断	瞬时段	按电流元件灵敏度整定, 或按电流电压灵敏度相等整定, 均取同一个系数	1.25 ~ 1.3				
	延时段	与相邻同类型电流(电压)保护配合整定, 不论按电压元件或电流元件配合整定	1.1 ~ 1.3				
		与相邻不同类型电流(电压)保护配合整定, 不论按电流元件或电压元件配合整定	1.2 ~ 1.3				
过电流保护	延时段	带低电压(复合电压)闭锁, 按额定(负荷)电流整定	<table border="1"> <tr> <td>电流元件</td> <td>1.15 ~ 1.25</td> </tr> <tr> <td>电压元件</td> <td>1.1 ~ 1.15</td> </tr> </table>	电流元件	1.15 ~ 1.25	电压元件	1.1 ~ 1.15
		电流元件	1.15 ~ 1.25				
		电压元件	1.1 ~ 1.15				
不带低压闭锁, 按电动机自启动整定	1.2 ~ 1.3						
与相邻保护(同类或不同类)配合整定	1.1 ~ 1.2						
距离保护	I 段	按躲线路末端整定	<table border="1"> <tr> <td>相间保护</td> <td>0.8 ~ 0.85</td> </tr> <tr> <td>接地保护</td> <td>0.7</td> </tr> </table>	相间保护	0.8 ~ 0.85	接地保护	0.7
		相间保护	0.8 ~ 0.85				
		接地保护	0.7				
		按不伸出变压器差动保护范围整定	<table border="1"> <tr> <td>相间保护</td> <td>0.7 ~ 0.75</td> </tr> <tr> <td>接地保护</td> <td>0.7</td> </tr> </table>	相间保护	0.7 ~ 0.75	接地保护	0.7
	相间保护	0.7 ~ 0.75					
	接地保护	0.7					
	与相邻距离保护 I、II 段配合整定	本线路部分	0.85				
		相邻线路	0.8				
	II 段	与相邻电流(电压)保护配合整定	<table border="1"> <tr> <td>本线路部分</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>相邻线路</td> <td>0.7 ~ 0.75</td> </tr> </table>	本线路部分	0.85	相邻线路	0.7 ~ 0.75
		本线路部分	0.85				
		相邻线路	0.7 ~ 0.75				
		按不伸出变压器差动保护范围整定	<table border="1"> <tr> <td>本线路部分</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>相邻线路</td> <td>0.7 ~ 0.75</td> </tr> </table>	本线路部分	0.85	相邻线路	0.7 ~ 0.75
本线路部分	0.85						
相邻线路	0.7 ~ 0.75						
与相邻距离保护 II、III 段配合整定	本线路部分	0.85					
	相邻线路	0.8					
III 段	与相邻电流(电压)保护配合整定	<table border="1"> <tr> <td>本线路部分</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>相邻线路</td> <td>0.75 ~ 0.85</td> </tr> </table>	本线路部分	0.85	相邻线路	0.75 ~ 0.85	
	本线路部分	0.85					
相邻线路	0.75 ~ 0.85						
按躲负荷阻抗整定	0.7 ~ 0.8						
元件差动保护	瞬时段	躲电流互感器二次断线时的额定电流整定	1.3				
		按躲励磁涌流整定	<table border="1"> <tr> <td>有躲非周期特性</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>无躲非周期特性</td> <td>3 ~ 5</td> </tr> </table>	有躲非周期特性	1.3	无躲非周期特性	3 ~ 5
		有躲非周期特性	1.3				
无躲非周期特性	3 ~ 5						
按躲外部故障的不平衡电流整定	1.3						
母线差动保护	瞬时段	按躲电流互感器二次断线时的额定电流整定	1.3 ~ 1.5				
		按躲外部故障的不平衡电流整定	1.3 ~ 1.5				

- 1) 按短路电流整定的无时限保护, 应选用较小的系数。
- 2) 按与相邻保护的整定值配合整定的保护, 应选用较小的系数。
- 3) 保护动作速度较快时, 应选用较大的系数。

- 4) 不同原理或不同类型的保护之间整定配合时, 应选用较大的系数。
- 5) 运行中设备参数有变化或难以精确计算时, 应选用较大的系数。
- 6) 在短路计算中, 当有零序互感时, 因难以精确计算, 故应选用较大的系数。
- 7) 整定计算中有误差因素时, 应选用较大的系数。

2. 返回系数 K_{re}

按正常运行条件量整定的保护, 在受到故障量的作用动作时, 当故障消失后保护不能返回到正常位置将发生误动作。因此, 整定计算公式中还应引入返回系数, 用 K_{re} 表示。

返回系数的定义为 $K_{re} = \text{返回量} / \text{动作量}$ 。于是可得, 过量动作的继电器 $K_{re} < 1$, 欠量动作的继电器 $K_{re} > 1$ 。

返回系数的高低与继电器类型有关。电磁型继电器的返回系数约为 0.85; 微机保护的返回系数较高, 约为 0.9 ~ 0.95。

3. 分支系数 K_b

在多电源的电力系统中, 相邻上、下两级保护间的整定配合, 还受到中间分支电源的影响, 将使上一级保护缩短或伸长, 因此整定公式中需要引入分支系数。分支系数用 K_b 表示。

1) 电流保护。电流分支系数的定义, 是指在相邻线路短路时, 流过本线路的短路电流占流过相邻线路短路电流的比例。对过电流保护来说, 在整定配合上应选取可能出现的最大分支系数。

如图 1-1 所示, 在 K 点发生短路, 则有如下关系:

$$K_b = I_1 / I_K$$

式中, K_b 为分支系数; I_1 为保护安装处的电流测量值; I_K 为短路点电流。

当要取得保护 1 与保护 2 的选择性时, 保护 1 的动作电流计算值为

$$I_{op1} = K_{rel} K_b I_{op2}$$

式中, I_{op1} 为保护 1 的动作电流, K_{rel} 为可靠系数; I_{op2} 为保护 2 的动作电流。

2) 距离保护。距离保护的助增系数等于电流保护分支系数的倒数。助增系数将使距离保护测量到的阻抗增大, 保护范围缩短。在整定配合上应选取可能出现的最小助增系数。

当相邻线路有平行线路时, 用引入汲出系数表示, 在整定配合上应选取可能出现的最小汲出系数。

在单电源的辐射状电网中, 分支系数的数值与选取的短路点位置无关; 但对环状电网及双回线路的情况, 分支系数值随着短路点的改变而改变。因此, 分支系数计算选用的短路点, 一般应选择不利的运行方式下在相邻线路保护配合各段保护范围的末端。

应当指出, 负荷电流产生的分支系数与短路电流的作用相反, 在应用时应予以注意。

分支系数是个复数值, 为简化计算, 一般取绝对值。

4. 灵敏系数 K_{sen}

在继电保护的保护范围内发生故障, 保护装置反应的灵敏程度称为灵敏度。灵敏度用灵敏系数 K_{sen} 表示。

灵敏系数在保证安全性的前提下, 一般越大越好, 但在保证可靠动作的基础上规定了下

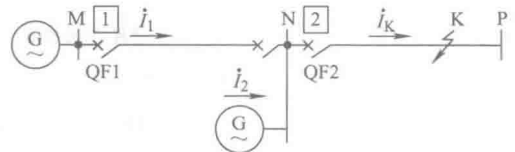


图 1-1 计算分支系数接线图

限值作为衡量的标准。

校验灵敏度时应注意以下几个问题：

- 1) 计算灵敏系数，一般以金属性短路为计算条件。当特殊需要时才考虑过渡电阻。
- 2) 选取不利的短路类型。
- 3) 保护动作时间较长的保护，应计及短路电流的衰减。
- 4) 对于有两侧电源的线路的保护，应考虑保护相继动作的影响。
- 5) 经 Yd 接线变压器之后的不对称短路，各相中短路电流分布将发生变化。接于不同相别、不同相数的保护，其灵敏度也不同。
- 6) 在保护动作的全过程中，灵敏系数均满足规定的要求。

5. 自起动系数 K_{ss}

按负荷电流整定的保护，必须考虑电动机自起动状态的影响。在此，引入了自起动系数，用 K_{ss} 表示。单台电动机在满载全电压下起动，一般自起动系数约为 4~8，综合负荷约为 1.5~2.5，纯动力负荷的自起动系数约为 2~3。选择自起动系数应注意以下几点：

- 1) 动力负荷比重大时，应选用较大的系数。
- 2) 电气距离较远的动力负荷，应选用较小的系数。
- 3) 切除故障时间较长或负荷断电时间较长时，应选用较大的系数。

1.7 整定配合的基本原则

电力系统中的继电保护是按断路器配置装设的，因此，继电保护必须按断路器分级进行整定。继电保护的分级是按保护的正方向来划分的，要求按保护的正方向各相邻的上、下级保护之间实现配合协调，以达到选择性的目的。

在保护整定计算时，应按该保护在电力系统运行全过程中均能正确工作来设定整定计算的条件。当保护装置已经具备防止某种运行状态误动作的功能时，则整定计算就不要再考虑该运行状态下的整定条件。应考虑的状态有如下几种：

- 1) 短路及复故障。
- 2) 断线及非全相运行。
- 3) 振荡。
- 4) 负荷电动机自起动。
- 5) 变压器励磁涌流。
- 6) 发电机失磁、进相运行。
- 7) 重合闸及手动合闸，备用电源自动投入。
- 8) 不对称、不平衡负荷。
- 9) 保护的、反方向短路。

继电保护的整定计算方法按保护构成原理分为两种。一种是以差动为基本原理的保护，它在原理上具备了区分内、外部故障的能力，保护范围固定不变，而且在定值上与相邻保护没有配合关系，具有独立性，整定计算也比较简单；另一种是阶段式保护，它们的整定值要求与相邻的上、下级之间有严格的配合关系，而它们的保护范围又随电力系统运行方式的变化而变化，所以阶段式保护的整定计算是比较复杂的，整定结果的可选性也是比较多的。

1. 保护的整定方法

1) 根据保护装置的构成原理和电力系统运行特点, 确定其整定条件及整定公式中的有关系数。

2) 按整定条件进行初选整定值, 按电力系统可能出现的最小运行方式校验灵敏度, 其灵敏度应满足要求, 在满足要求之后即可确定选定的整定值。若不满足要求, 则需重新考虑整定条件和最小运行方式的选择是否恰当, 再进一步考虑保护装置的配置和选型问题。

2. 差动保护

差动保护整定计算可独立进行, 只要满足电力系统运行变化的限度就可以确定整定值。

3. 阶段式保护

1) 相邻上、下级保护之间的配合。

① 在时间上应配合。

② 在保护范围上配合。

③ 上、下级保护的配合是按保护正方向进行的。按反方向进行配合增大整定值取消方向元件的配合方法, 一般是不可取的。

2) 多段保护的整定应按保护段分段进行。

3) 一个保护与相邻的几个下一级保护整定配合或同时应满足几个条件进行整定时, 整定值应取最严重的数值。

4) 多段式保护的整定, 应以改善提高主保护性能为主, 兼顾后备性。

5) 在整个电网中, 阶段式保护的整定方法是首先对电网中所有线路的第一段保护进行整定计算, 再依次进行第二段保护整定计算, 直至全网保护全部整定完毕。

6) 具有相同功能的保护之间进行配合整定。

7) 判定电流保护是否使用方向元件。

1.8 35kV 中性点非直接接地电网中的线路保护配置原则

1.8.1 概述

35kV 中性点非直接接地电网的中性点为经消弧线圈接地或不接地, 对中性点非直接接地电网中的线路相间短路和单相接地, 应按 GB 14285—1993《继电保护和安全自动装置技术规程》的规定, 装设相应的保护。

(1) 相间短路保护 相间短路保护按两相式构成, 在同一电压等级的电网中, 保护所接的相别相同, 以保证在不同的线路上发生两点接地故障时, 有较多的机会只切除一条线路, 另一条线路可照常供电。

为了有选择地切除故障, 相间保护应按阶梯原则确定时限特性。根据电网的具体接线, 可采用以下几种保护方案。

1) 对于简单电网, 一般采用一段或两段式电流、电压速断保护和过电流保护。对于由几段线路串联的单侧电源线路, 当上述保护不能满足速动性或灵敏性要求时, 速断保护可无选择性地动作, 但应以自动重合闸来补救。

2) 在复杂电网中, 当电流、电压保护不能满足选择性、灵敏性及快速性的要求时, 可

采用高一级的保护。

3) 对于并列运行的平行双回线路,可装设横联差动保护或电流平衡保护作为保护。电流平衡保护只能用于平行线路的主电源侧,以接于平行线路电流之和的阶段式电流保护或距离保护作为平行线路同时运行的后备保护,及一回线路断开后的主保护及后备保护。

4) 对于复杂网络中的短线路,一般采用带辅助导线的纵联差动保护作为主保护,以带方向或不带方向的电流保护作为后备保护。

作为线路主保护,应保证发电厂厂用电及重要用户的母线安全运行,应快速切除故障,但瞬时段的动作时间应大于线路上避雷器的动作时间。

在中性点非直接接地电网中,线路后备保护按远后备方式设计。为简化接线,必要时可采用自动重合闸来纠正保护的非选择性动作,或在故障时将环网先解列而后恢复的办法。

对110kV以下中性点非直接接地电网,时限小于1.5s的保护段整定值应尽可能躲过系统振荡时的最大振荡电流或感受的最低振荡电压值,若整定值受灵敏系数限制而不能躲过振荡时,也允许不考虑振荡的影响。

对可能时常出现过负荷的电缆线路,或电缆与架空混合线路,应装设过负荷保护,保护宜带时限动作于信号。

(2) 单相接地保护 中性点非直接接地电网单相接地保护与中性点直接接地电网单相接地保护,在构成方式、作用原理及功能上是完全不同的。中性点非直接接地电网中发生单相接地时,仅相电压发生变化,中性点位移,有较高的零序电压,而线电压不变,用户可以继续工作,所以允许短期带接地故障运行。因此,除对人身及设备安全有要求时,接地保护必须动作于跳闸外,一般仅动作于信号。

当中性点不经消弧线圈接地时,单相接地电流为电网的自然电容电流;当中性点经消弧线圈接地时,单相接地电流则为经消弧线圈补偿后的残余电流。残余电流同零序电流滤过器的不平衡电流的大小可以比拟,给单相接地保护构成带来困难。

在简单的辐射状电网中的线路,可利用装于发电厂或变电站母线上的单相接地监视装置,在发生单相接地故障后,顺序断开线路或用专用检测仪表判明接地故障线路,不必在每回线上安装单独的接地保护。当用顺序断开线路或专用检测仪表无法迅速确定故障地点时,为满足灵敏性及选择性的要求,应于每一回线路上装设单相接地电流保护。

1.8.2 相间保护

1. 电流、电压保护的配置原则

对于电网结构简单的双侧电源辐射状网络、单侧电源环形网络及辐射状网络,一般采用带方向或不带方向的电流、电压保护作为相间故障的主保护及后备保护,可以满足选择性、灵敏性及快速性的要求。

电流、电压保护一般按接于全电流及全电压设计,反应故障状态下电流及电压的数值。根据需要,保护由无时限或带时限;无方向或带方向;单段或数段保护组合而成。由于电流、电压保护的保护区或灵敏度随着电网运行方式的变化而变化,当电网的运行方式变化较大时,电流、电压保护特性受到严重影响,同时,系统振荡电流也对该类保护有较大的影响,所以电流、电压保护一般不作为110kV及以上电网中线路的主保护。

为了有选择性地切除故障,电流、电压相间保护按阶梯时限特性构成。一般情况下,三

段式保护包括三个时限阶段。

1) 第一段(简称Ⅰ段):通常指主保护的瞬时段,保护不经时限元件,而以本身固有动作时限发出跳闸脉冲。

2) 第二段(简称Ⅱ段):通常指主保护的限时段,其动作参数与相邻元件上的主保护相配合。

3) 第三段(简称Ⅲ段):通常指后备保护段,一般由各类过电流保护构成。

三段式电流、电压保护在35kV电网线路上应用广泛,但在某些情况下,保护仅由其中的一段或两段构成。在单侧电源的终端单回线路上,通常仅需装设主保护的瞬时段及后备过电流保护;在单侧电源供电的环形网络中,连接至电源母线上的单回线路对侧的保护,有时仅需装设一段方向过电流保护。

各段保护的主要构成方式及其在电力系统中应用情况如下:

(1) 第一段采用无时限电流速断保护

1) 无时限电流速断保护作为线路的主保护,使被保护线路的一部分或大部分的相间故障都能有选择性地瞬时切除,这将缩短与其配合关系的相邻线路第二段的动作时限,提高系统保护水平。

2) 无时限电流速断保护作为单回线路带有受电变压器的终端线路的主保护时,其保护区若伸入变压器,则应以重合闸纠正保护可能发生的无选择性动作。

3) 无时限电流速断保护作为平行线路仅单回线路运行时的主保护,当保护接于和电流上,在双回线路运行时,保护应退出。

4) 无方向性无时限电流速断保护除了作为线路主要保护外,有时也作为线路死区内的辅助保护。

(2) 第一段采用无时限方向电压速断保护

1) 为了获得选择性,无时限电压速断保护一般必须附加方向元件,以防止反方向短路时电压下降引起保护误动作。电压互感器二次回路断线时,电压下降,低电压继电器及方向元件可能出现误动作,所以必须附设防止其误动作的电压回路断线闭锁装置。

2) 在中性点非直接接地辐射型电网中,当两点接地故障的两故障点在不同线路上时,大多数情况无时限电压速断保护感受的残余电压的数值比两点故障点处于同一地点时为高,这就影响到保护动作的正确性。

3) 保护区受电压误差影响较大。

考虑到上述各点,无时限电压速断保护在电网中应谨慎使用,一般严格限于电网中辐射线路的小电源侧。

(3) 限时电流速断保护 限时电流速断主要用于以下几种情况:

1) 单侧电源的多段辐射状网络中单回线路的主保护,当线路对侧无专用的母线保护时,也作为该母线的主保护。

2) 单回线路带有一台或两台受电变压器的终端线路、分支线路的主保护装置,与受电变压器差动保护配合获得选择性。

3) 平行线路单回线路运行时的主保护及对侧母线无专用母线保护时的主保护,并兼作平行线路主保护的后备保护。保护可接于和电流上或分接于每一回线路上。

(4) 过电流保护 保护第三段主要采用各类过电流保护。不带低电压起动的过电流保