

电子基础实验系列教材

马传峰 王洪君 总主编

电力系统继电保护 技术基础实验教程

Dianlixitong Jidianbaohu
Jishu Jichu Shiyan Jiaocheng

肖洪 主编

山东大学出版社

高等学校电工电子基础实验系列教材

电力系统继电保护 技术基础实验教程

主 编 肖 洪

副主编 李欣唐 肖 洒 窦培培

山东大学出版社

内容提要

为了帮助读者更好地掌握继电保护技术,进一步满足继电保护课程的教学需要,我们编写了《电力系统继电保护技术基础实验教程》。该书是配合“电力系统继电保护”“微机型继电保护”“电力系统工程基础”“电气工程综合实验”等课程的教学实验而编写的。

全书内容共分3篇10章。基础篇介绍了与继电保护相关的基本知识;实验篇介绍了故障模拟方法、电磁型继电器特性实验和电力系统重要元件微机保护原理实验;分析篇介绍了典型实验分析举例及故障录波识图与分析等内容。

本书可作为高等学校电气工程及自动化专业的实验教材,也可作为高职、高专自学、培训教材,同时可供从事继电保护专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统继电保护技术基础实验教程/肖洪主编.

—济南:山东大学出版社,2017.2

高等学校电工电子基础实验系列教材/马传峰,王洪君总主编

ISBN 978-7-5607-5710-0

I. ①电… II. ①肖… 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(2017)第 032347 号

责任策划:刘旭东

责任编辑:宋亚卿

封面设计:张荔

出版发行:山东大学出版社

社址:山东省济南市山大南路20号

邮编:250100

电话:市场部(0531)88364466

经销:山东省新华书店

印刷:泰安金彩印务有限公司

规格:787毫米×1092毫米 1/16

11.25印张 260千字

版次:2017年2月第1版

印次:2017年2月第1次印刷

定价:20.00元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

《高等学校电工电子基础实验系列教材》

编委会

主 任 马传峰 王洪君

副主任 郝 鹏 邢建平

委 员 (按姓名笔画排序)

于欣蕾 万桂怡 王丰晓 王春兴 朱瑞富

孙国霞 孙梅玉 杨霓清 李 蕾 李德春

肖 洪 邱书波 郑丽娜 赵振卫 姚福安

栗 华 高 瑞 高洪霞 韩学山

前 言

电力系统继电保护是一门理论与实践并重的学科,其中实验教学尤为重要。专业基础实验教学不只是培养学生掌握实验方法和操作技能,它对于学生的综合素质,特别是电力系统二次电路工程实践技能的培养也有着至关重要的作用。本教程是配合“电力系统继电保护”“微机型继电保护”“电力系统工程基础”“电气工程综合实验”等课程的教学实验而编写的,旨在结合在校学生实际情况,理论联系实际,突出教材的针对性和实用性,促进学生对继电保护理论知识的二次理解,解决理论教学中没有能够解决的一些问题。

本教程共分为3篇10章:基础篇第1、2、3、4章分别介绍了继电保护基本知识、故障分析基本知识、互感器基本接线、二次接线基本识图;实验篇第5、6、7、8章分别介绍了故障模拟实验方法、电磁型继电器特性实验、微机继电保护装置认知实验、输电线路微机保护原理实验;分析篇第9、10章分别介绍了典型实验分析举例、故障录波识图与分析。教程将继电保护技术基础的实用知识融汇在一起,通过实验给出了解决继电保护相关问题的基本思路,说明了继电保护静态测试的基本方法。实验操作与电力系统现场实际相结合,让学生在在学习过程中就接触和使用生产部门实际设备,解决了学生外出生产实习的困难和生产实习期间生产部门不允许实际操作的问题。通过本教程的学习,读者可以从继电保护技术的各个环节入手,深刻理解继电保护原理的内涵,基本掌握继电保护装置的测试方法,能够结合测试结果分析继电保护装置出口的动作行为,提高分析问题和解决实际问题的能力,对学生毕业后就业和工作有重要指导意义。

在教程的使用方面,教师可根据教学计划和实验设备的条件,灵活安排实验内容,其中有些实验可安排为设计性、综合性实验。本教程也可作为本科生毕业设计和专业实习入门的参考。

本教程第1章(1.1~1.4节)~第7章由肖洪编写,第10章由李欣唐编写,第8、9章由肖洪、国家气象信息中心肖洒编写,第1章的1.5节、1.6节由北京博电公司窦培培编写,并由肖洪统稿。在本教程编写过程中,山东大学高厚磊教授、张文教授、丛伟教授、丁磊教授等提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

在编写本教程过程中,编者参阅了国内许多兄弟单位的有关资料,融入了作者多

年从事继电保护教学和实验的心得体会,同时得到了许多同事和朋友的支持与帮助,在此表示深深的敬意和谢意!本教程承蒙山东大学电工电子教学实验中心王洪君教授、电气工程学院韩学山教授的大力支持与帮助,在此一并表示感谢。

本教程可作为高等院校电气工程专业本科生实践方面的教材,也可供电力系统继电保护专业技术人员阅读和参考。

由于作者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2016年12月于山东大学

目 录

基础篇

第 1 章 继电保护基本知识	(1)
1.1 继电保护概述	(1)
1.2 继电保护的基本原理与分类	(3)
1.3 电力系统对继电保护的基本要求	(4)
1.4 掌握继电保护技术的基本方法	(7)
1.5 各种电压等级线路保护典型配置	(7)
1.6 变压器、发电机和母线保护常规配置	(14)
第 2 章 故障分析基本知识	(18)
2.1 电力系统故障类型	(18)
2.2 相量图与波形图	(19)
2.3 简单故障分析	(24)
第 3 章 互感器基本接线	(35)
3.1 电压互感器接线	(35)
3.2 电流互感器接线	(39)
第 4 章 二次接线基本识图	(47)
4.1 原理接线图	(47)
4.2 展开接线图	(49)
4.3 安装接线图	(51)

实验篇

第 5 章	故障模拟实验方法	(53)
5.1	传统模拟式实验电路介绍	(53)
5.2	数字式继电保护测试仪简介	(55)
5.3	简单故障模拟方法	(58)
第 6 章	电磁型继电器特性实验	(63)
6.1	继电器的基本知识	(63)
6.2	过电流继电器特性实验	(65)
6.3	低电压继电器特性实验	(68)
6.4	继电器动作时间测试实验	(71)
6.5	时间继电器特性实验	(73)
6.6	信号继电器特性实验	(74)
6.7	功率方向继电器特性实验	(75)
6.8	多种继电器配合实验	(79)
第 7 章	微机继电保护装置认知实验	(81)
7.1	装置测试接线及硬件认识实验	(81)
7.2	装置整定实验	(84)
7.3	装置基本调试实验	(88)
第 8 章	输电线路微机保护原理实验	(98)
8.1	微机保护数字滤波器仿真实验	(98)
8.2	微机保护算法仿真实验	(101)
8.3	三段式零序电流保护实验	(103)
8.4	方向圆阻抗特性(I段)实验	(106)
8.5	多边形阻抗特性实验	(108)
8.6	三段式距离保护特性实验	(110)
8.7	振荡闭锁实验	(112)
8.8	阻抗动作边界搜索实验	(114)
8.9	输电线路纵联保护实验	(115)
8.10	关于自动重合闸及模拟断路器实验的说明	(118)
8.11	模拟断路器综合性实验	(119)
8.12	重合闸检无压和检同期实验	(124)

分析篇

第 9 章 典型实验分析举例	(127)
9.1 零序方向电流保护	(128)
9.2 阻抗定值校验	(129)
9.3 工频变化量阻抗元件	(131)
9.4 引入偏移量的阻抗特性	(132)
9.5 最小精确工作电流	(138)
9.6 最小精确工作电压	(141)
9.7 自动重合闸及后加速	(143)
第 10 章 故障录波识图与分析	(145)
10.1 故障录波概述	(145)
10.2 故障报告及故障波形	(145)
10.3 故障录波分析软件的功能	(148)
10.4 基本故障波形分析	(152)
10.5 现场故障录波图实例分析	(155)
附 录	(160)
附录 A 典型超高压线路保护装置硬件原理说明	(160)
附录 B 继电保护测试仪使用说明	(164)
附录 C 实验基本要求	(166)
主要参考文献	(169)

基础篇

第1章 继电保护基本知识

电力系统生产的电能具有转换容易、输送方便、控制灵活及清洁经济等优点,一直是推动社会文明进步,各行各业所依赖的重要能源形式。如何保证电力系统安全稳定地运行,即不停电或少停电,这就需要电力系统安全保障体系。在这个体系中,电力系统安全自动装置是负责电力系统整体安全的;电力系统继电保护是负责电力设备安全的。它们各有分工,又互相联系。继电保护是电力系统运行的守护神,与一次设备同样重要,没有继电保护的电力系统是不准运行的。当系统一次设备接入时,二次继电保护设备也要同时接入。因此,学好继电保护原理,掌握好继电保护技术,是培养合格电气工程师的基本要求。

1.1 继电保护概述

1.1.1 继电保护研究的内容

继电保护包括继电保护技术和继电保护装置。继电保护技术是一个完整的体系,它主要包括电力系统故障分析、各种继电保护原理及实现方法、继电保护的设计与测试、继电保护运行及维护等技术。继电保护装置是完成继电保护功能的核心,它是一种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自动装置。

1.1.2 电力系统运行的三种状态

1. 正常运行状态

正常运行状态指所有电力设备的电气参数都在规定范围内,电能质量符合规定要求。

2. 不正常运行状态

不正常运行状态指某些电力设备的某些运行参数偏离规定范围,电气元件的正常工作遭到破坏,但没有到发生故障的地步。例如,过负荷、过电压、频率降低、系统振荡等。

3. 故障状态

故障状态指电力设备的运行参数异常。例如,各种短路($d^{(3)}$ 、 $d^{(2)}$ 、 $d^{(1)}$ 、 $d^{(1,1)}$)和断线(单相、两相)。其中,最常见且最危险的是各种类型的短路,其后果是:

(1) 电流 I 突然增大,危害故障设备和非故障设备。

(2) 电压 U 突然降低或增大,影响用户的正常工作。

(3) 破坏电力系统稳定性,使事故进一步扩大(系统振荡,电压崩溃)。

(4) 发生不对称故障时出现负序电流,使旋转电机产生附加发热;发生接地故障时出现零序电流,对相邻通信系统造成干扰等。

1.1.3 继电保护装置的作用

在电力系统被保护元件发生故障时,继电保护装置应能自动、有选择性地发生故障的元件从电力系统中切除,使故障元件避免继续遭到损害,保证无故障部分恢复正常运行状态,以缩小停电的范围。当被保护元件出现不正常运行状态时,继电保护装置能及时反应,并根据维护条件,发出信号、减少负荷或跳闸动作指令。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,以避免不必要的动作。同时,继电保护装置也是电力系统的监控装置,可以及时测量系统电流、电压,从而反映系统设备的运行状态。

1.1.4 微机保护的特点

数字式微机保护与传统继电保护的主要区别在于:原有的保护输入的是电流、电压信号,直接在模拟量之间进行比较处理,使模拟量与装置中给定的阻力矩进行比较处理;而微机保护进行的是数字运算或逻辑运算,因此,首先要求将输入的模拟量电流、电压的瞬间值变换为离散的数字量,然后才能送入计算机的中央处理器,按规定算法和程序进行运算,且将运算结果随时与给定的数字进行比较,最后作出是否跳闸或发信号的判断。

微机保护装置所有的计算、逻辑判断均由软件完成,不仅能够实现其他类型保护装置难以实现的复杂保护原理、提高继电保护的性能,而且能提供诸如简化调试及整定、自身工作状态监视、事故记录及分析等高级辅助功能,还可以完成电力自动化要求的各种智能化测量、控制、通信及管理任务。这些特点使得数字式微机保护具有无可比拟的技术优势和经济优势,从它诞生之日起就得到迅速的发展和广泛的应用。现在,全数字化微机保护已面世,它的特点是直接获取并使用电子式互感器发送的数字量信息,通过光纤发送跳合闸 GOOSE 报文,控制断路器的动作。它取消了模拟量输入变换(AC 变换)、低通滤波(ALF)、采样/保持(S/H)和模/数转换(A/D)等模块,大大地简化了硬件结构,提高了保护的稳定性。在数字化变电站、智能变电站得到了广泛的使用,它代表了当今继电保护技术发展的方向。

1.2 继电保护的基本原理与分类

1.2.1 基本原理

系统正常运行时,输电线路流过负荷电流,母线电压约为额定电压;不正常运行时,系统中的各种电气量会发生突变。为区分系统正常运行状态与故障或不正常运行状态,必须找出两种情况下电气量的差别,以构成不同原理的继电保护。

(1) 电流增大:当输电线路发生短路时,故障相电流增大,在故障点与电源之间流过,根据这一特征,可构成过电流保护。

(2) 电压降低:在母线电压上反映出来,可构成低电压保护。

(3) 相位变化,即 $\arg \frac{\dot{U}_\varphi}{\dot{I}_\varphi}$ 变化,正常时为感性负荷,功率因数角一般为 $0^\circ \sim 30^\circ$;短路时为输电线路的阻抗角,一般为 $60^\circ \sim 85^\circ$,可构成功率方向保护。

(4) 测量阻抗降低,即 $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}}$ 减小,正序故障电流增大,正序故障电压降低,阻抗角增大,可构成阻抗保护。

(5) 双侧电源线路故障:当外部故障时, $I_{\text{out}} = I_{\text{in}}$;当内部故障时: $I_{\text{out}} \neq I_{\text{in}}$,可构成电流差动保护。

(6) 反映零序、负序电流的序分量保护。

(7) 区分振荡与短路的振荡闭锁保护。

(8) 非电气量:瓦斯保护、过热保护、压力保护等。

原则上,只要找出正常运行与故障时系统中电气量或非电气量的变化特征(差别),即可找出一种原理。且差别越明显,保护作出的判断越可靠,其性能就越好,也越具有实用价值。

1.2.2 分类

1. 按被保护的元件分类

按被保护的元件分类,继电保护分为输电线路保护、变压器保护、发电机保护、母线保护、电动机保护、电容器保护、电抗器保护等。

2. 按保护原理分类

按保护原理分类,继电保护分为电流保护、电压保护、距离保护、纵联保护、差动保护、方向保护、零序保护、负序保护等。

3. 按保护所反映的故障类型分类

按保护所反映的故障类型分类,继电保护分为相间短路保护、接地故障保护、匝间短路保护、断线保护、失步保护、失磁保护及过励磁保护等。

4. 按保护所起的作用分类

按保护所起的作用分类,继电保护分为主保护、后备保护、辅助保护等。

(1)主保护:它是满足系统稳定和设备安全要求,能以最快速度有选择地切除被保护设备和线路故障的保护。

(2)后备保护:它是当主保护或断路器拒动时,用来切除故障的保护,又分为远后备保护和近后备保护两种。远后备保护是当主保护或断路器拒动时,由相邻电力设备或线路的保护来实现的后备保护。近后备保护是当主保护拒动时,由本设备或线路的另一套保护来实现后备的保护;当断路器拒动时,由断路器失灵保护来实现近后备保护。

(3)辅助保护:它是为补充主保护和后备保护的性能或当主保护和后备保护退出运行而增设的简单保护。

5. 按构成继电保护装置的型式分类

按构成继电保护装置的型式分类,继电保护分为机电型保护(如电磁型保护和感应型保护)、整流型保护、晶体管型保护、集成电路型保护、数字式微机型保护及全数字化微机型保护等六大类型。

1.3 电力系统对继电保护的基本要求

对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:选择性、速动性、灵敏性、可靠性,即保护的“四性”原则。

1.3.1 选择性

选择性指电力系统发生故障时,保护装置仅将故障元件从系统中切除,而使非故障元件仍能正常运行,以尽量缩小停电范围。根据图 1-1 分析如下:

- (1)当 d_1 点发生短路时,保护 1、2 动作,跳开 QF1、QF2,称保护有选择性。
- (2)当 d_2 点发生短路时,保护 5、6 动作,跳开 QF5、QF6,称保护有选择性。
- (3)当 d_3 点发生短路时,保护 7、8 动作,跳开 QF7、QF8,称保护有选择性。
- (4)当 d_3 点发生短路时,若保护 7 拒动或 QF7 失灵拒动,保护 5 动作,跳开 QF5,称保护有选择性。
- (5)若保护 7 和 QF7 能正确动作于跳闸,但保护 5 动作跳开 QF5,则保护 5 为误动,或称保护 5 越级跳闸,也称保护 5 失去选择性。

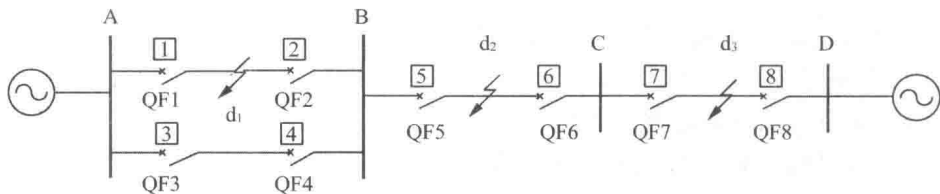


图 1-1 选择性图解

选择性就是故障点在区内就动作,在区外不动作。当主保护未动作时,由近后备或远后备切除故障,使停电面积最小。因远后备保护范围广(对保护装置拒动、断路器拒动、二次回路和直流电源等故障所引起的拒绝动作均起后备作用)且实现简单、经济,故应广泛采用。但远后备保护切除故障的时间较长,在超高压线路中不能满足系统稳定性的要求,因此应加强主保护。选择性对于输电网是绝对的,对于配电网是相对的。保护装置动作的选择性是保证对用户安全供电最基本的条件之一,在研究和设计保护时,必须首先考虑。

1.3.2 速动性

速动性指保护的動作速度应尽可能快。其主要原因有以下几点:

(1)快速切除故障可以减少用户在低电压下工作的时间,从而保持用户电气设备不间断运行。电力系统短路时,系统各处电压下降,当用户电压降至额定电压的70%及以下时,异步电动机的最大力矩将减小50%以上,从而使电动机制动。保护动作太慢,电压下降的时间就长,待故障切除电压恢复时,电动机就很难自启动,从而影响生产。

(2)快速切除故障可以提高发电厂并联运行的稳定性。如图1-2所示,当发电厂A母线附近发生三相短路时,该电厂母线上的电压会大大下降,甚至降为零,发电厂A将送不出负荷,发电机的转速迅速升高。而发电厂B的母线上还保持较高的残余电压,能送出一部分负荷,发电机的转速增加较少。这样,两个发电厂的发电机出现了转速差。如果故障切除时间太长,两个发电厂就会失去同步。快速切除故障,可使在故障切除时两发电厂电势的相角差不大,就能比较容易地再拉入同步,恢复正常运行。

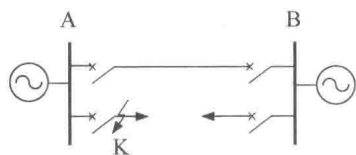


图1-2 发电厂并联运行示意图

快速切除故障,可使在故障切除时两发电厂电势的相角差不大,就能比较容易地再拉入同步,恢复正常运行。

(3)快速切除故障可以减小电气设备损坏的程度。因为短路时,不仅会出现很大的短路电流,且故障点常常伴随有电弧,由于电流热效应及电弧的作用,设备将遭到严重损伤。故障切除越慢,短路电流持续时间越长,设备损坏就越严重,甚至全部被烧毁。

(4)快速切除故障可以避免故障进一步扩大。由于短路点常常发生电弧,故障切除时间越长,电弧燃烧的时间就越长,这就有可能使接地故障发展为相间故障,使两相短路发展为三相短路,甚至使暂时性故障发展为永久性故障。

快速切除故障的好处是:①提高系统稳定性;②减少用户在低电压下的运行时间;③减小故障元件的损坏程度,避免故障进一步扩大。

故障总切除时间可用式(1-1)计算:

$$t = t_{bh} + t_{dl} \quad (1-1)$$

式中: t ——故障总切除时间;

t_{bh} ——保护动作时间;

t_{dl} ——断路器动作时间。

一般的快速保护动作时间 t_{bh} 为60~120 ms,最快的可达10~40 ms;一般的断路器动作时间 t_{dl} 为60~150 ms,最快的可达20~60 ms。目前,现场最快保护动作时间为20 ms,而断路器动作时间为40 ms,所以最快动作时间可达60 ms。

1.3.3 灵敏性

灵敏性指在最不利的条件下,保护装置对故障的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应在发生区内故障时,不论运行方式大小、短路点的位置与短路的类型如何,都能灵敏地反应。通常,灵敏性用灵敏系数来衡量,并表示为 K_{lm} 。

对反应于数值上升而动作的过量保护(如过电流保护):

$$K_{lm} = \frac{\text{保护范围末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{整定动作值}} = \frac{I_{dmin}}{I_{dz}} \quad (1-2)$$

对反应于数值下降而动作的欠量保护(如低电压保护):

$$K_{lm} = \frac{\text{整定动作值}}{\text{保护范围末端金属性短路时故障参数的最大计算值}} = \frac{U_{dz}}{U_{dmax}} \quad (1-3)$$

其中,故障参数的最小、最大计算值是根据实际可能的最不利运行方式、故障类型和短路点位置来计算的。在《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006)(以下简称《规程》)中,对各类保护的灵敏系数 K_{lm} 的要求都作了具体规定,一般要求灵敏系数为1.2~2。

保护装置在投运前必须进行灵敏度校验的原因有以下几点:

- (1)故障点存在过渡电阻,使实际短路电流比计算电流小。
- (2)由于电流互感器误差,使实际流入保护装置的电流小于计算值。
- (3)继电器实际动作值动作电流比整定值高,存在正误差等原因。

1.3.4 可靠性

可靠性指发生了属于某保护装置动作的故障时,它应能可靠动作,即不发生拒绝动作(拒动);而在发生了不属于本保护动作的故障时,保护应可靠不动,即不发生错误动作(误动)。

影响保护可靠性的因素有内在的和外在的两种:

- (1)内在的:装置本身的质量,包括元件好坏、结构设计的合理性、制造工艺水平、内外接线是否简明、触点多少等。
- (2)外在的:运行维护水平、安装调试是否正确等。

就系统整体比较而言,误动要比拒动好。例如,因为拒动会导致重要元件——发电机被烧毁;如果是误动跳闸,判别后再合上,这样损失较小。

综上所述,继电保护要考虑多方面的要求,平衡“四性”各方面的矛盾,以达到满足工程需求的折中效果。不可强调某一方面的要求,而忽视其他方面的要求。例如,电压等级较低的线路,对电力系统全局影响较小,可选用信息量较少的电流保护,考虑它的选择性;电压等级高一点的线路,对电力系统影响稍大,选用稍复杂一点的距离保护,考虑它的选择性与灵敏性;超高压线路,对电力系统稳定性影响大,就要采用纵联保护,考虑它的快速性与可靠性。某条线路保护范围扩大可增加其灵敏性,保护范围缩小可增加其选择性。当选择性或灵敏性无法满足时,常常降低速动性的要求,增加延时。

另外,装置的配备选择也要考虑技术与经济的平衡。能用简单、可靠的保护继电器完

成的功能,不用复杂、昂贵的保护装置,要根据具体情况作出判断。总之,四个基本要求是设计、分析和研究继电保护的基础,也是贯穿整个教程的指导思想。

1.4 掌握继电保护技术的基本方法

继电保护技术是一门实践性很强的工程类学科,在电力系统实际运行中占有相当重要的地位。它既注重理论又依赖于实践,且实践重于理论(又有“七分实践,三分理论”的说法)。通过实践课程的训练,学生可积累实际工作的经验,对于本科毕业后报考本专业硕士研究生或直接到电力部门从事相关的工作,都具有实际的指导意义。每年的国家电网招聘考试及电业部门的岗前培训就充分说明了这一点。

要掌握好继电保护技术,必须了解继电保护装置的性能、特点及测试方法,因而对实践者也提出了相应的要求:

(1)熟悉设备的特性:要了解每个电气主设备和监控二次辅助设备,对所有这些设备的工作原理、性能、参数计算和故障状态的分析要心中有数。

(2)注意知识的积累:电力系统继电保护是一门综合性的学科,既要有电路、电机学和电力系统故障分析等基础理论知识,还要有电子、通信、计算机和信息科学等新技术知识。纵观继电保护技术的发展史,可以看到电力系统通信技术上的每一个重大进展都推出了一种新保护原理的出现,如高频保护、微波保护、光纤保护等。

(3)要重视现场试验:为掌握继电保护装置的性能及其在电力系统故障时的动作行为,既需运用所学课程的理论知识对系统故障情况和保护装置动作行为进行分析,还需要对继电保护装置进行实验室试验、在电力系统动态模型上试验、现场人工故障试验以及在现场条件下的试运行。仅有理论分析是不够的,只有经过各种严格的试验,试验结果和理论分析相一致,并满足预定的要求,才能在实践中应用。

(4)具有高度的责任感,严谨细致的工作作风;继电保护的工作稍有差错,就可能对电力系统的运行造成严重的影响,给国民经济和人民生活带来不可估量的损失。国内外几次大规模电力系统瓦解,进而导致广大地区工、农业生产瘫痪和社会秩序混乱的严重事故,常常是一个继电保护装置不能正确动作引起的。因此,继电保护工作者对电力系统的安全运行肩负着重大的责任,要有高度的责任感,严谨细致的工作作风,在工作中要树立可靠性第一的思想。

1.5 各种电压等级线路保护典型配置

1.5.1 110 kV 及以下线路保护典型配置

根据 10 kV、20 kV、35(66) kV 线路所在电力网接地方式的特点,按照《规程》规定,分别配置符合要求的保护装置。

1. 10 kV 线路保护典型配置

10 kV 线路的电源结构分为单侧电源线路、双侧电源线路及环形网络线路三种。单侧电源线路、双侧电源线路是普遍的,根据《规程》规定:3~10 kV不宜出现环形网络的运行方式,应开环运行。当必须以环形方式运行时,为简化保护,可采用故障时将环网自动解列而后恢复的方法,对于不宜解列的线路,参照双侧电源线路的规定。

(1)单侧电源线路保护配置如图 1-3 所示。

①反映相间短路的阶段式电流保护,可以是三段式或者两段式电流保护,三段式电流保护包括电流速断保护、限时电流速断保护和过电流保护。

当过电流保护的时限不大于 0.5~0.7 s 并没有保护配合上的要求时,可不装设电流速断保护;自重要的变配电所引出的线路应装设瞬时电流速断保护。当瞬时电流速断保护不能满足选择性要求时,应装设带短时限的电流速断保护,过电流保护可采用定时限或反时限特性。

②反映接地故障的保护,包括可动作于跳闸的阶段式零序电流保护、动作于信号的监视装置等。对于中性点非有效接地电力网,在发电厂和变电所母线上应采用单相接地监视装置;线路上宜采用有选择性的零序电流保护或零序功率方向保护,保护动作于跳闸。对于中性点经低电阻接地电力网,应装设两段零序电流保护:第一段为零序电流速断保护,时限宜与相间速断保护相同;第二段为零序过电流保护,时限宜与相间过电流保护相同。若零序时限速断保护不能保证选择性需要时,也可以配置两套零序过电流保护。

③带时限动作于信号的过负荷保护。保护宜带时限动作于信号,必要时可动作于跳闸。

④其他保护。自动重合闸、低周/低频减载等系统稳定功能的保护。

(2)双侧电源线路保护配置如图 1-4 所示。

①可装设带方向或不带方向的电流速断保护和过电流保护。

②短线路、电缆线路、并联连接的电缆线路宜采用光纤电流差动保护作为主保护,带方向或不带方向的电流保护作为后备保护。

③并列运行的平行线路尽可能不并列运行,当必须并列运行时,应配以光纤电流差动保护,带方向或不带方向的电流保护作为后备保护。

2. 20 kV 线路保护典型配置

根据《规程》,无论是单电源辐射状电网,还是双电源及单电源环网,均配置如下保护:

(1)三相式相间短路的阶段式(方向)电流保护。

(2)动作于跳闸的阶段式(方向)零序电流保护。

(3)过负荷保护。

当相间短路的阶段式电流保护灵敏度不能满足要求时,可以添加低电压或者复合电压闭锁元件。对于较短的主要线路,可以采用短线路差动保护,配置可参考图 1-4。

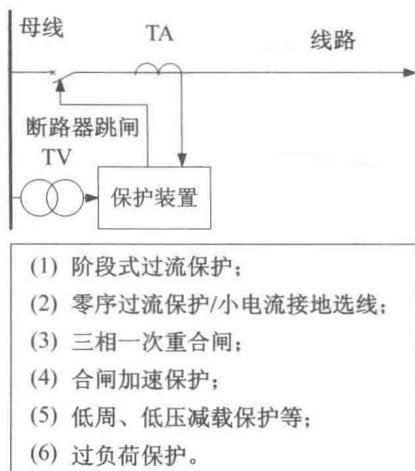


图 1-3 单侧电源线路保护配置图