



21 世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century

电力系统继电保护 原理及应用

杨晓敏 主 编
王艳丽 王双文 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



21世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century

电力系统继电保护 原理及应用

主 编 杨晓敏
副主编 王翰文
编 写 杨光杰
主 审 张 举

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书分为正文和附录两部分。正文部分共分十二章，内容包括电力系统继电保护的基础知识，输配电线路相间短路的电流保护，输配电线路的接地保护，中低压线路保护测控装置举例，输电线路的距离保护，输电线路的差动保护，高压线路保护装置举例，电力变压器保护，发电机保护，发电机变压器组保护装置举例，母线保护，以及电动机和电力电容器保护。附录部分介绍了继电保护装置中常用的继电器和微机型继电保护装置的硬件结构及原理，供需要者选用。

本书可作为高职高专发电厂及电力系统、电气工程及其自动化、供用电技术等专业教材以及电力职工培训教材，也可作为电气工程类专业本科生及电力工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力系统继电保护原理及应用/杨晓敏主编. —北京:
中国电力出版社, 2006. 7

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 7 - 5083 - 4471 - 5

I. 电... II. 杨... III. 电力系统—继电保护—高等
学校—教材 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 068315 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

利森达印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 343 千字

印数 0001—3000 册 定价 22.60 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

变电站综合自动化技术、微机型继电保护装置已经在电力系统中广泛采用。因此,本书在较为全面、系统地阐述继电保护基本原理的基础上,参照新型继电保护装置的产品说明书,将微机型继电保护的原理及新技术融汇、贯穿在各个章节中。本书增添了保护屏、保护装置机箱、保护装置内部插件及外部结构、继电器等的图片,从而使初学者对继电保护装置有一个直观的认识。本书以几种典型的微机型保护装置为例,从结构、功能配置、定值清单及其整定、装置出口回路及端子接线等方面,对微机型保护装置作了较详细的介绍,使读者在掌握继电保护基本原理的基础上,更有助于全面了解继电保护装置,并尽快掌握其使用方法。考虑到高职高专的培养对象及目标,作为高职高专教材,本书尽量避免了烦琐的理论推导。

全书分为正文和附录两部分。正文部分共分十二章。第一章电力系统继电保护的基础知识,第二章输电线路相间短路的电流保护,第三章输电线路的接地保护,第四章中低压线路保护测控装置举例,第五章输电线路的距离保护,第六章输电线路的差动保护,第七章高压线路保护装置举例,第八章电力变压器保护,第九章发电机保护,第十章发电机变压器组保护装置举例,第十一章母线保护,第十二章电动机和电力电容器保护。

附录部分分为附录 A 和附录 B。其中:附录 A 介绍了几种继电保护装置中常用的继电器;附录 B 介绍了微机型继电保护装置的硬件结构及原理。考虑到一些发电厂的老机组和部分变电站,仍采用有机电型保护装置;各种微机型继电保护装置的硬件结构及原理,与变电站综合自动化系统中各保护测控单元基本相同或已融为一体,这部分内容也可放在“变电站综合自动化”课程中讲授。因此,将这两部分内容放在附录中,供需要者选用。

本书的特点是内容较为全面,叙述力求简明扼要、通俗易懂,图文并茂且实用性强,可作为高职高专发电厂及电力系统、电气工程及其自动化、供用电技术等专业教材以及电力职工培训教材,也可作为电气工程类专业本科生及电力工程技术人员的参考书。

参加本书编写的有郑州电力高等专科学校杨晓敏(第二、四、六、十章和附录 B)、王艳丽(第一、五、八、九章)、王双文(第三、十二章和附录 A),河南省电力公司郑州供电公司杨光(第七章),大唐信阳华豫发电有限责任公司王杰(第十一章)。由杨晓敏担任主编、统稿。本书由华北电力大学张举教授担任主审,在审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议。在此,对张举教授的赐教致以诚挚的谢意。

在本书编写过程中得到了河南省电力勘测设计院周春晓、常吉叶教授级高工,郑州电力高等专科学校朱晓山副教授,河南省电力公司郑州供电公司李川高级技师,河南省电力公司濮阳供电公司丁伟红技师以及北京四方继保自动化有限公司的大力支持,在此向他们表示衷

心的感谢;对于本书末所附参考文献的作者,表示衷心的感谢;对于有关厂家产品说明书的作者同样表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点、错误,敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2006年4月于郑州

目 录

| | |
|----------------------------------|----|
| 前言 | |
| 第一章 电力系统继电保护的基础知识 | 1 |
| 第一节 电力系统继电保护的目的是任务 | 1 |
| 第二节 对电力系统继电保护的基本要求 | 2 |
| 第三节 继电保护的基本原理及分类 | 3 |
| 第四节 继电保护的技术实现 | 5 |
| 第五节 继电保护发展的回顾与展望 | 8 |
| 第二章 输配电线路相间短路的电流保护 | 11 |
| 第一节 电流保护及电流元件的基本概念 | 11 |
| 第二节 反映线路相间短路的电流保护 | 16 |
| 第三节 反映线路相间短路的方向电流保护 | 28 |
| 第三章 输配电线路的接地保护 | 35 |
| 第一节 中性点直接接地系统的故障分析 | 35 |
| 第二节 中性点直接接地系统中线路的接地保护 | 37 |
| 第三节 中性点非直接接地系统的故障分析 | 44 |
| 第四节 中性点非直接接地系统中线路的接地保护 | 49 |
| 第五节 小电流接地系统的接地选线装置 | 50 |
| 第四章 中低压线路保护测控装置举例 | 54 |
| 第一节 CSL-216E 型线路保护测控装置的功能 | 54 |
| 第二节 CSL-216E 型线路保护测控装置的硬件结构及外部接线 | 58 |
| 第三节 CSL-216E 型线路保护测控装置的出口回路 | 62 |
| 第五章 输电线路的距离保护 | 66 |
| 第一节 距离保护的基本原理 | 66 |
| 第二节 阻抗元件 | 68 |
| 第三节 影响距离保护正确工作的因素及防止措施 | 74 |
| 第四节 距离保护的整定计算 | 78 |
| 第五节 微机型距离保护 | 80 |
| 第六章 输电线路的差动保护 | 84 |
| 第一节 输电线路的纵联差动保护 | 84 |
| 第二节 输电线路的高频保护 | 89 |
| 第三节 输电线路的光纤纵差保护 | 95 |

| | | |
|-------------|---------------------------------|------------|
| 第四节 | 平行线路横联方向差动保护 | 101 |
| 第七章 | 高压线路保护装置举例 | 104 |
| 第一节 | CSC-103A 型线路保护装置的适用范围和特点 | 104 |
| 第二节 | CSC-103A 型线路保护装置的功能 | 105 |
| 第三节 | CSC-103A 型线路保护装置的结构 | 108 |
| 第四节 | CSC-103A 型线路保护装置的整定值及整定说明 | 109 |
| 第八章 | 电力变压器保护 | 120 |
| 第一节 | 概述 | 120 |
| 第二节 | 变压器的瓦斯保护 | 121 |
| 第三节 | 变压器的纵联差动保护 | 123 |
| 第四节 | 变压器电流速断保护 | 133 |
| 第五节 | 变压器相间短路的后备保护 | 133 |
| 第六节 | 变压器的接地保护 | 138 |
| 第七节 | 变压器的其他保护 | 141 |
| 第九章 | 发电机保护 | 142 |
| 第一节 | 概述 | 142 |
| 第二节 | 发电机相间短路的纵联差动保护 | 144 |
| 第三节 | 发电机定子绕组的匝间短路保护 | 147 |
| 第四节 | 发电机定子绕组的单相接地保护 | 152 |
| 第五节 | 发电机转子回路接地保护 | 156 |
| 第六节 | 发电机的失磁保护 | 157 |
| 第七节 | 发电机的过负荷保护 | 162 |
| 第十章 | 发电机-变压器组保护装置举例 | 165 |
| 第一节 | 发电机-变压器组保护装置的配置 | 165 |
| 第二节 | 发电机-变压器组保护配置举例 | 168 |
| 第十一章 | 母线保护 | 175 |
| 第一节 | 母线的故障及其保护 | 175 |
| 第二节 | 母线保护的基本原理 | 176 |
| 第三节 | 微机型母线保护 | 178 |
| 第十二章 | 电动机和电力电容器保护 | 186 |
| 第一节 | 电动机的故障、不正常工作状态及其保护方式 | 186 |
| 第二节 | 异步电动机的保护 | 187 |
| 第三节 | 同步电动机的保护 | 192 |
| 第四节 | 微机型电动机保护装置 | 194 |
| 第五节 | 电力电容器的保护 | 196 |
| 附录 A | 继电保护装置中常用的继电器 | 201 |
| A-1 | 电磁型继电器 | 201 |

| | | |
|-------------|--------------------------|------------|
| A-2 | 整流型功率方向继电器 | 209 |
| A-3 | DCD—2 型差动继电器 | 210 |
| 附录 B | 微机型继电保护装置的硬件结构及原理 | 213 |
| B-1 | 微机型继电保护装置硬件基本结构 | 213 |
| B-2 | 交流插件 | 216 |
| B-3 | 模数转换插件 | 217 |
| B-4 | 计算机插件 | 223 |
| B-5 | 继电器插件 | 228 |
| B-6 | 电源插件 | 229 |
| 参考文献 | | 230 |

第一章 电力系统继电保护的基础知识

第一节 电力系统继电保护的目的是任务

一、电力系统继电保护的目

电力系统继电保护是指反应电力系统中电气设备发生故障或不正常运行状态而动作于断路器跳闸或发出信号的一种自动装置。电力系统由发电机、变压器、母线、输配电线路及用电设备组成。电力系统由于受自然（如雷击、风灾等）、人为（如设备制造上的缺陷、误操作等）等因素的影响，会不可避免地发生各种形式的短路故障（简称故障）和异常运行状态。

电力系统故障总是伴随着很大的短路电流，同时系统电压大大降低。一旦发生短路将会产生如下后果：①短路点的电弧将故障的电气设备烧坏；②短路电流通过故障设备和非故障设备时发热并产生电动力，使电气设备的机械损坏和绝缘损伤，以至缩短设备的使用寿命；③电压下降，使大量电能用户的正常工作遭受破坏，影响产品质量；④电压下降可能导致电力系统各发电厂间并列运行的稳定性遭受破坏，引起系统振荡，甚至使整个系统瓦解。

所谓电力系统的异常运行状态是指系统的正常工作受到干扰，使设备的运行参数偏离正常值。例如，长时间的过负荷会使电气元件的载流部分和绝缘材料的温度过高，加速设备的绝缘老化或损坏设备。电力系统的异常运行状态如及时发现并处理，将演变为电力系统的故障。

电力系统的故障和异常工作状态若不及时处理或处理不当，就可能在电力系统中引起事故，造成人员伤亡及设备损坏，使电能用户停电、电能质量下降到不能容许的程度。为防止事故发生，就必须在每一个电气设备上装设继电保护装置，根据它们发生的故障和异常运行情况，动作于断路器跳闸或发出信号。

二、电力系统继电保护的任

继电保护的基本任务是：①电力系统发生故障时，自动、快速、有选择地将故障设备从电力系统中切除，保证非故障设备继续运行，尽量缩小停电范围。②电力系统出现异常运行状态时，根据运行维护的要求能自动、及时、有选择地发出告警信号或者减负荷、跳闸。

综上所述，继电保护在电力系统中的主要作用是通过预防事故或缩小事故范围来提高系统运行的可靠性。继电保护装置是电力系统的重要组成部分，是保证电力系统安全、可靠运行的重要技术措施之一。

第二节 对电力系统继电保护的基本要求

根据继电保护的任务和电力系统运行的特点,对继电保护装置的基本要求是满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性。

一、选择性

继电保护的选择性是指继电保护装置动作时,仅将故障设备从电力系统中切除,使停电范围尽量减小,以保证系统中非故障设备继续安全运行。

继电保护装置为保证其选择性,在动作时要尽量断开离故障点最近的断路器。如图 1-1 所示单侧电源网络,母线 A、B、C、D 代表相应的变电站,每段线路上分别装设继电保护装置 1~8。

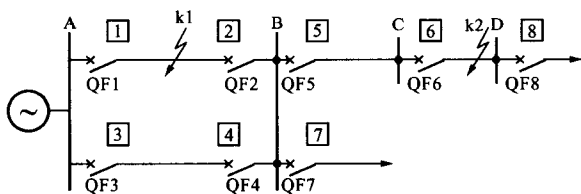


图 1-1 电网保护选择性动作示意图

当 k_2 点发生故障时,应由距短路点 k_2 最近的保护装置 6 动作跳开断路器 QF6,将故障线路 CD 切除,仅使 D 变电站停电,其余非故障设备可继续运行,这是有选择性的动作。若 k_2 点发生故障,保护 6 或断路器 QF6 拒动时,由保护 5 动作使断路器 QF5 跳闸,

这种由上一级保护跳开上一级断路器的动作行为仍具有选择性。

若 k_1 点短路,由保护装置 1 和 2 动作,断路器 QF1、QF2 跳闸切除故障线路,变电站 B 仍可由另一条线路继续供电,满足选择性的要求。若 QF1、QF2 跳闸的同时, QF3、QF4 也跳闸,将扩大停电范围,属于非选择性动作。

二、速动性

继电保护的速动性是指继电保护装置应以尽可能快的速度切除故障设备。快速地切除故障设备具有以下优越性:①可提高电力系统并列运行的稳定性;②可使电压尽快恢复正常,减轻对用户的影响;③可减轻电气设备的损坏程度;④可防止事故扩展,提高重合闸成功率。

故障切除的总时间等于保护装置的动作时间和断路器动作时间之和。在实用中,根据不同电网对故障切除时间的具体要求、电网的经济性以及运行维护水平等条件确定合理的保护动作时间。

三、灵敏性

继电保护的灵敏性是指保护装置对其保护范围内发生故障或异常运行状态的反应能力。满足灵敏性要求的保护装置应该在预先规定的保护范围内发生故障时,不论短路点的位置、短路形式及系统的运行方式如何,都能敏锐感觉,正确反应。

继电保护的灵敏性,又称灵敏度,通常用灵敏系数 K_s 来衡量,它取决于被保护设备和电力系统的参数、运行方式等因素。对于不同的保护装置和被保护设备,灵敏系数的要求各不相同。

在继电保护的整定计算中,灵敏系数的计算通常要考虑电力系统可能出现的最大运行

方式和最小运行方式。所谓电力系统最小运行方式是指系统中等值阻抗最大，流过保护装置的短路电流最小时的运行方式。反之，系统等值阻抗最小、流过保护装置的短路电流最大时的运行方式称为最大运行方式。

对反应故障时参数量增加动作的保护装置，其灵敏系数为

$$K_s = \frac{\text{保护区末端故障参数的最小计算值}}{\text{保护动作参数的整定值}}$$

对反应故障时参数量降低动作的保护装置，其灵敏系数为

$$K_s = \frac{\text{保护动作参数的整定值}}{\text{保护区末端故障参数的最大计算值}}$$

四、可靠性

继电保护的可靠性是指保护装置在电力系统正常运行时不误动；在规定的保护范围内发生故障时，应可靠动作；而在不属于该保护动作的其他任何情况下，应可靠不动作。

继电保护的选择性、速动性、灵敏性和可靠性是相辅相成、相互制约的，是分析研究各种继电保护装置的基础，是贯穿本课程的一条基本线索。

第三节 继电保护的基本原理及分类

一、继电保护的基本原理

根据继电保护的任务和要求，继电保护的基本原理是利用电力系统正常运行与发生故障或不正常运行状态时，各种物理量的差别来判断故障或异常，并通过断路器将故障切除或者发出告警信号。

电力系统发生故障时，通常有电流增大、电压降低、电压与电流的比值（阻抗）和它们之间的相位角改变等现象。因此，根据发生故障时这些基本参数与正常运行时的差别，可构成不同原理的继电保护装置。例如，反应故障时电流增大构成电流保护；反应电压降低构成低电压保护；反应电压与电流比值的变化构成距离保护；反应电流与电压之间相角的变化构成方向保护。此外还有，根据故障时被保护设备两端电流相位和功率方向的差别，构成差动保护；根据不对称短路故障出现的相序分量，可构成灵敏的负序和零序保护；根据故障瞬间的特征量构成瞬态保护等。

除了反应各种电气量的保护外，还有反应非电气量的保护，如反应非电气量的电力变压器瓦斯保护、温度（过热）保护等。

二、继电保护装置的分类

继电保护装置的分类方法很多，从不同角度出发分类，将有不同的称谓。例如，按照继电保护装置的构成原理分类，通常有电流保护、电压保护、差动保护、功率方向保护、距离保护和高频保护等；按照被保护的對象分类有线路保护、变压器保护、发电机保护、母线保护、电动机保护、电容器保护等；按照构成保护装置的元件或模块分类，通常分为机电型保护装置、静态型保护装置和微机型保护装置；按照保护的功能划分，通常有主保护、后备保护和辅助保护等。

常用继电保护装置的类别和用途如表 1-1。

表 1-1 常用继电保护的类别和用途

| 序号 | 类别 | 主要用途 |
|-----|------------|--------------------------|
| 1 | 电流保护 | |
| (1) | 电流速断保护 | 发电机、变压器、线路、电动机、电容器保护等 |
| (2) | 定时限过电流保护 | 发电机、变压器、线路、电动机、电容器保护等 |
| (3) | 反时限过电流保护 | 发电机、变压器、线路、电动机保护等 |
| 2 | 电压保护 | |
| (1) | 低电压保护 | 发电机、变压器、母线、线路、电动机、电容器保护等 |
| (2) | 过电压保护 | 发电机、变压器保护等 |
| 3 | 电流方向保护 | 线路、变压器保护等 |
| 4 | 电流平衡保护 | 平行线路保护 |
| 5 | 差动保护 | |
| (1) | 纵差保护 | 线路、发电机、变压器、母线、电动机保护等 |
| (2) | 横差保护 | 发电机、双回线路保护等 |
| 6 | 距离保护(阻抗保护) | 线路、发电机、变压器保护等 |
| 7 | 母线保护 | 母线保护 |
| 8 | 匝间短路保护 | 发电机保护 |
| 9 | 定子接地保护 | 发电机保护 |
| 10 | 转子接地保护 | 发电机保护 |
| 11 | 失励磁保护 | 发电机、电动机保护 |
| 13 | 失步保护 | 发电机、电动机保护 |
| 14 | 瓦斯保护 | 变压器保护 |

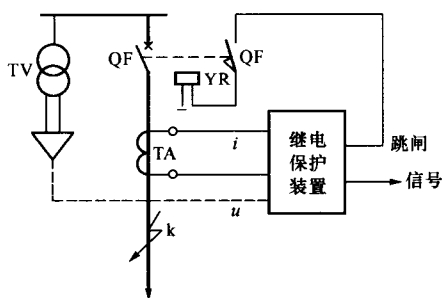


图 1-2 线路保护原理接线图

三、继电保护装置的基本组成

1. 继电保护装置的基本工作过程

以图 1-2 所示某线路保护原理接线图为例,说明继电保护装置的工作过程。当线路的 k 点发生短路时,线路中的电流由负荷电流突然增大到短路电流,通过电流互感器 TA 反应到二次侧后流过继电保护装置;同时母线电压降低,通过电压互感器 TV 侧二次反应到继电保护装置。继电保护装置通过对输入电流和电压进行计算比较判断。当

满足跳闸的条件时,发出跳闸脉冲,经过断路器的常闭辅助触点驱动其跳闸线圈,使断路

器跳闸；如果仅满足告警条件时，发出告警信号。

2. 继电保护装置的基本组成

继电保护装置通常均由测量、逻辑、执行部分等三部分组成。其方框图如图 1-3 所示。

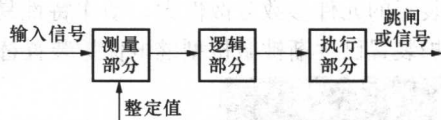


图 1-3 继电保护装置的基本组成方框图

(1) 测量部分对来自于被保护设备的输入信号进行计算分析并与基准整定值进行比较，确定是否发生故障或异常运行状态，然后输出相应的信号至逻辑部分。

(2) 逻辑部分的作用是对测量部分输出的信号进行逻辑判断，确定保护是否应该动作使断路器跳闸或者发告警信号，并将确定的结果输入到执行部分。

(3) 执行部分根据逻辑部分送来的信号，执行保护装置的任务，使断路器跳闸或者发告警信号。

第四节 继电保护的技术实现

继电保护技术实现时，根据构成保护装置的元件或模块不同，通常有机电型保护装置、静态型保护装置和微机型保护装置等。

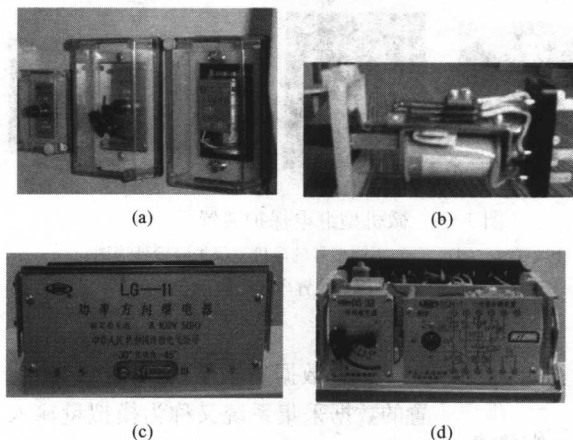


图 1-4 机电型继电器图片

- (a) 自左向右为机电型信号继电器、时间继电器、中间继电器的面板图；(b) 机电型信号继电器内部结构图；(c) 机电型功率方向继电器正面图；(d) 机电型自动重合闸继电器正面图

一、机电型继电保护装置

机电型继电保护装置的测量部分、逻辑部分及执行部分主要由若干个不同性能的机电型继电器组成。机电型继电器基于电磁力或电磁感应作用产生机械动作原理而制成。只要给继电器加入某种物理量或加入的物理量达到某个规定数值时，它就会动作。其动合（常开）触点闭合，动断（常闭）触点断开，输出信号。常用的机电型继电器有电流继电器、电压继电器、功率方向继电器、阻抗继电器、中间继电器、时间继电器和信号继电器等，其原理分析见附录 A。图 1-4 所示为几种机电型继电器。

由于机电型继电保护装置是经过电—磁—力—机械运动的多次转换而构成的。其转换环节多，加之机械构件的精度、维护和调试经验对误差影响大，因而造成保护装置的准确度低、动作速度慢等，近年来逐步被微机型继电保护装置替代。

二、静态型继电保护装置

静态型继电保护装置各个部分所用的元器件主要是晶体管或集成电路型电子元件。通常将这些电子元件焊接在电路板上，利用电路板组成继电保护装置。静态型继电保护装置

较机电型继电保护装置,具有体积小、质量轻、灵敏性高、动作快等优点。但由于该保护装置的元件参数分散性大,动作特性易改变,随着微型型保护装置的出现,静态型继电保护装置已逐渐被微型型继电保护装置替代。图 1-5 所示为静态型继电保护装置。

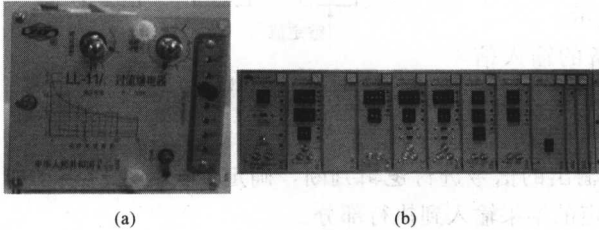


图 1-5 静态型继电保护装置

(a) 晶体管型过电流继电器面板图; (b) 集成电路型线路保护装置

广泛应用于电力系统。图 1-5 所示为微型型继电保护装置。

微型型继电保护装置(简称微机保护装置)由硬件和软件两部分组成。

1. 微机保护装置硬件电路的基本组成

从功能上划分,一套微机保护装置硬件构成可以分为数据采集系统(或称模拟量输入系统)、微型计算机系统、输入/输出回路、通信接口、人机对话系统和电源部分等六部分。微机保护装置硬件电路基本组成框图,如图 1-7 所示。

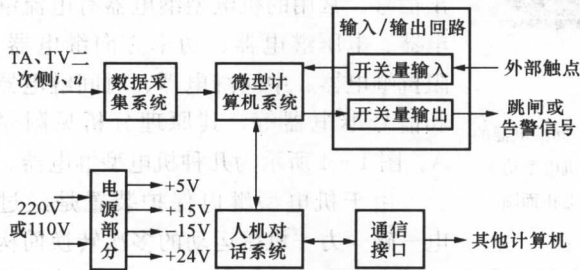


图 1-7 微机保护装置硬件电路基本组成框图

(1) 数据采集系统。微机保护装置的数据采集系统又称为模拟量输入系统。其作用是将被保护设备的 TA 二次侧电流、TV 二次侧电压,分别经过适当预处理后转换为所需的数字量,送至微型计算机系统。数据采集系统的主要元件通常有变换器、模数转换(A/D)芯片、电阻、电容等。

(2) 微型计算机系统。微型计算机系统的作用是完成算术及逻辑运算,实现继电保护功能。该系统的主要元件是微处理器 CPU 芯片、存储器芯片、定时器/计数器芯片及接口芯片等。

(3) 输入/输出回路。输入/输出回路是微机保护装置与外部设备的联系电路,因为输

三、微型型继电保护装置

微型型继电保护装置是利用微型计算机或单片机来实现继电保护功能的一种自动装置,和机电型、静态型继电保护装置相比具有精度高、灵活性大、可靠性高、调试和维护方便、易获取附加功能、易于实现综合自动化等特点。随着我国电力工业的迅速发展,目前微型型继电保护装置已广

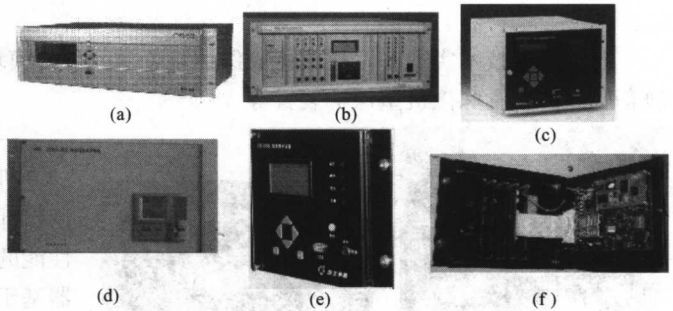


图 1-6 微型型继电保护装置

(a)、(b)、(c)、(d)、(e) 不同型号的微型型保护装置外形图;

(f) 某微型型保护装置内部结构

入信号、输出信号都是开关量信号（即触点的通、断），所以该回路又称为开关量输入/输出回路。

开关量输入回路的作用是将各种开关量（如保护装置连接片的通断、屏上切换开关的位置等）通过光电耦合电路、接口电路输入到微型计算机系统。开关量输出回路的作用是将微型计算机系统的分析处理结果输出，以完成各种保护的出口跳闸或信号告警等，开关量输出回路的主要元器件通常是光电耦合芯片和小型中间继电器等。

(4) 人机对话系统。人机对话系统的作用是建立起微机保护装置与使用者之间的信息联系，以便对装置进行人工操作、调试和得到反馈信息。人机对话系统又称人机接口部分，主要包括显示器、键盘、打印机等。

(5) 通信接口。通信接口的作用是提供计算机局域通信网络以及远程通信网络的信息通道。微机保护装置的通信接口是实现变电站综合自动化的必要条件，特别是面向被保护设备的分散型变电站监控系统的发展，通信接口电路更是不可缺少的。微机保护装置的通信接口通常都采用带有相对标准的接口电路。

(6) 电源回路。电源回路的主要作用是给整个微机保护装置提供所需的工作电源，保证整个装置的可靠供电。微机保护装置的电源回路通常采用输入直流 220V 或 110V，输出直流 +5、±12（或±15）、+24V 等。其中，+5V 主要用于微型计算机系统；±12V（或±15V）主要用于数据采集系统；+24V 主要用于开关量输出回路等。

2. 微机保护装置软件模块的基本结构

不同型号的微机保护装置的软件模块构成不完全相同。微机保护装置的软件模块通常可分为保护系统软件和人机对话系统软件（称为接口软件）两大部分。微机保护装置软件模块基本结构示意图，如图 1-8 所示。

(1) 人机对话系统软件模块。人机对话系统软件，又称为接口软件。该软件大致分为监控程序和运行程序，装置在调试方式下执行监控程序，运行方式下执行运行程序。CPU 执行哪一部分程序由装置的工作方式开关或显示器上显示的菜单选择来决定。人机对话系统软件的监控程序主要是实现键盘命令和处理功能；运行程序由主程序和定时中断服务程序构成，主程序主要完成巡检（各 CPU 保护插件）、键盘扫描和故障信息的处理和打印等，定时中断服务程序主要包括：①用于硬件时钟控制并同步各 CPU 模块的软件时钟程序；②用于检测各保护 CPU 起动元件是否动作的检测起动程序。

(2) 保护系统软件的基本结构。微机保护装置型号及功能不同，其保护系统软件的结构不完全相同，但原理大致相似。图 1-8 所示某微机保护装置保护系统软件主要包含主程序、采样中断程序、正常运行程序及故障计算处理程序等模块。其结构示意框图如图 1-9 所示。

- 1) 主程序主要用于初始化和自检，并按固定的采样周期执行采样中断程序。
- 2) 采样中断程序主要进行模拟量采集与滤波、开关量采集、装置硬件自检、交流电流

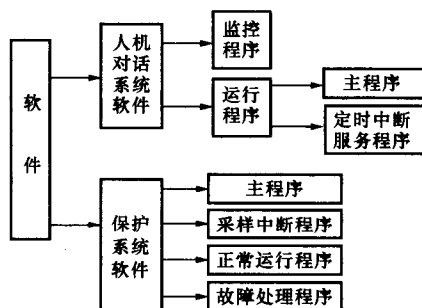


图 1-8 微机保护装置软件模块基本结构示意图

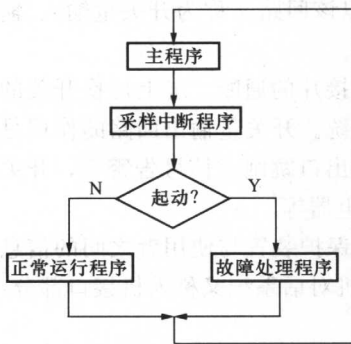


图 1-9 保护系统软件结构示意图

断线和装置起动判据的计算，根据是否满足起动条件而进入正常运行程序或故障计算处理程序。

3) 正常运行程序主要进行采样值自动零漂调整、硬件和交流回路异常检查。当装置自检发现硬件和交流回路异常时，将发出告警信号。告警信号通常分为两种：一种是交流回路异常告警，这时不闭锁保护装置，提醒运行人员进行相应处理；另一种为闭锁告警信号，告警的同时将保护装置闭锁，使保护退出工作。

4) 故障计算处理程序主要进行各种保护的参数计算、区段判别、跳闸逻辑判断、事件报告、故障报告的存储等。

四、继电保护的实现

根据被保护设备的需要，选择保护装置型号；将这些保护装置按照国家规定的标准，安装在标准的继电保护屏上，并依照图纸完成屏内各单元之间的连线；对组装完毕的继电保护屏（见图 1-10）进行出厂调试，并将其运输至被保护设备所在的变电站（或集控站）进行安装；最后完成被保护设备对应回路的电流互感器二次侧、电压互感器二次侧与相应继电保护屏之间的连线，进行整组调试。经过上述主要环节，就组成了某一被保护设备的继电保护系统，该系统按照要求完成其继电保护的任务。

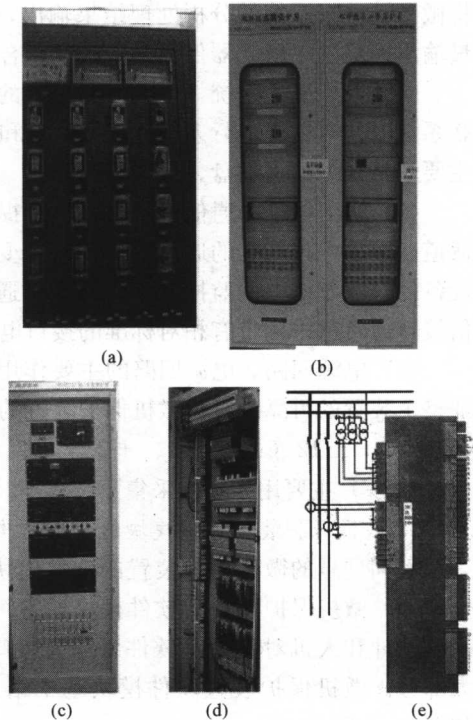


图 1-10 继电保护屏

- (a) 机电型继电保护屏局部正面图；(b) 静态型继电保护屏正面图；(c) 微机型继电保护屏正面图；
(d) 微机型继电保护屏背面图；(e) 某线路保护屏交流部分接线示意图

第五节 继电保护发展的回顾与展望

电力系统的飞速发展对继电保护不断提出新的要求，同时也随着电子技术、计算机技术与通信技术的飞速发展，继电保护技术不断创新，从最早、最简单的电流保护（熔断器）到目前的微机型继电保护装置，继电保护技术的发展经历了一次次的飞跃。20 世纪 50 年代以前的继电保护装置都是由电磁型、感应型或者电动型继电器组成的机电式保护装置；60 年代出现了整流型继电保护装置；70 年代出现了晶体管式继电保护装置；随着大规模集成电路的发展，80 年代末集成电路保护已形成完整系列，取代了晶体管保护装置，成了静态

继电保护装置的主要形式。20世纪90年代开始,我国的继电保护技术进入了微机保护的时代,微机保护装置成为继电保护装置的主要形式,是当今电力系统变电站及调度综合自动化的重要组成部分。

继电保护技术未来趋势是向计算机化,网络化,智能化,保护、控制、测量和数据通信一体化发展。

1. 计算机化

随着电力工业的不断发展,继电保护装置除了具有继电保护的基本功能外,还应具有大容量故障信息和数据的长期存放空间,快速的数据处理功能,强大的通信能力,与其他保护、控制装置和调度联网以共享全系统数据、信息和网络资源的能力,高级语言编程等。继电保护装置的微机化、计算机化是不可逆转的发展趋势。

2. 网络化

计算机网络作为信息和数据通信工具已成为信息时代的技术支柱,使人类生产和社会生活的面貌发生了根本变化。多年来,继电保护的作用也只限于切除故障元件、缩小事故影响范围,这主要是由于缺乏强有力的数据通信手段。随着电力系统发展的要求及通信技术在继电保护领域应用的深入,继电保护的作用不只限于切除故障元件和限制事故影响范围(这是首要任务),还要保证全系统的安全稳定运行。这就要求每个保护单元都能共享全系统运行状态和故障信息的数据,各个保护单元与重合闸装置在分析这些信息和数据的基础上协调动作,确保系统的安全稳定运行。显然,实现这种系统保护的基本条件是将全系统各主要设备的保护装置用计算机网络连接起来,亦即实现微机保护装置的网络化。实现保护装置的计算机联网将使保护装置能够得到更多的系统故障信息,提高对电力系统故障性质、故障位置判断和故障测距的准确性。总之,微机保护装置网络化可大大提高继电保护的绩效及可靠性,是微机保护发展的必然趋势。

3. 智能化

近年来,人工智能技术如神经网络、模糊逻辑等在电力系统各个领域都得到了应用,在继电保护领域应用的研究也已开始。神经网络是一种非线性映射方法,很多难以列出方程式或难以求解的复杂非线性问题,应用神经网络可迎刃而解。例如,在输电线两侧系统电动势角度摆开情况下发生经过渡电阻的短路就是一个非线性问题,距离保护很难正确作出故障位置的判别,从而造成误动或拒动。如果用神经网络方法,经过大量故障样本的训练,只要样本集中充分考虑了各种情况,则在发生任何故障时都可正确判别。显然,智能化也是微机保护发展的必然趋势。

4. 保护、控制、测量、数据通信一体化

在实现继电保护的计算机化和网络化的条件下,继电保护装置实际上就是高性能、多功能的计算机,是整个电力系统计算机网络上的一个智能终端。它可从网上获取电力系统运行和故障的任何信息,也可将自身所获得的被保护元件的任何信息传送给网络控制中心或任一终端。因此,每个微机保护装置不但可以完成继电保护功能,而且在正常运行情况下还可完成测量、控制、数据通信等功能,亦即实现保护、控制、测量、数据通信一体化。

为了测量、保护和控制的需要,室外变电站的所有设备,如变压器、线路等的二次电