



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

继电保护原理 与应用

宋志明 主编



中国电力出版社

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



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书
电力职业技术教育教学改革系列教材

继电保护原理 与应用

电力职业技术教育教学改革系列教材
建设委员会

| | | | |
|-------|-----|-----|-----|
| 主 任 | 张效胜 | | |
| 副 主 任 | 李启涛 | 张 伟 | |
| 委 员 | 杨立久 | 苏庆民 | 王庆民 |
| | 王焕金 | 杨新德 | 朱正堂 |
| | 侯仰东 | 郭光宏 | 高洪雨 |
| | 孙奎明 | 蔡卫敏 | 马明礼 |

| | | |
|------|-----|-----|
| 本书主编 | 宋志明 | |
| 编 写 | 洪 涛 | |
| 主 审 | 荀堂生 | 杨利水 |



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

本书作为电力职业教育教材，兼顾中、高级工电气专业的继电保护自学教材和中、短期电气培训教材，重点介绍了继电保护的基本知识、基本保护原理及继电保护应用，从现场角度出发，简化理论充实实践，把理论与实际有机结合起来，做到易学易懂。

全书共九章，分别为继电保护基本知识、输电线路相间短路的电流保护、输电线路的接地保护、距离保护、输电线路的全线速动保护、同步发电机的继电保护、电力变压器的继电保护、发电机—变压器组保护举例、母线保护。为配合教学书后附有保护装置操作箱和盘面布置接线端子。

本书主要作为电力职业教育与职工培训的教材，也可作为电力行业工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护原理与应用/宋志明主编. —北京: 中国电力出版社, 2007. 1

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 4987 - 9

I. 继... II. 宋... III. 电力系统—继电保护—职业教育—教材 IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 142794 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 307 千字

印数 0001—3000 册 定价 19.8 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

随着科学技术发展,电力生产技术也在不断更新。新材料、新技术、新理论大量涌现并应用于生产实践,教材内容很难及时跟踪现场生产技术的发展,特别是对于继电保护教材来说,更是如此。自1984年国内第一套微机保护在电力系统投入运行以来,微机保护技术就一直处在更新和发展之中。目前,微机保护装置已经全面替代了机电式、晶体管式保护装置。传统的中职继电保护教材大多内容相对陈旧,还较多地停留在老式装置及原理上。大部分微机保护类教材则偏重于讲解硬件及软件的原理,理论偏深偏难,应用技能训练不足。我们结合职业教育强调理论与实践相结合,尤其强调实际动手能力的培养,和当前职业教育及电力生产的实际,编写了本教材。鉴于继电保护基本知识的通用性,结合当前继电保护装置的现状,本教材在选材时作了很大的调整。

首先,保证基本理论的完整性。本教材讲述了继电保护的基本知识,输电线路的电流保护、接地保护、距离保护、全线速动保护等,变压器、发电机的主要保护和辅助保护,发电机—变压器组及母线的保护配置。

第二,保证保护原理的实用性。微机保护装置无论其设备多么先进,其保护原理是基本相同的。本教材保留了目前保护装置仍然采用的基本原理,增添了部分新理论与新技术,如突变量方向元件原理、方向的能量积分原理等;同时,对已经淘汰的装置及其原理进行删节,如电磁式继电器原理、LG-11型方向继电器工作原理、圆特性阻抗继电器工作原理等。

第三,保证教材的适应性。教材对晦涩难懂的保护原理进行简化,增加实际保护装置的基本参数与基本原理,缩小理论与实际的差距,利于学生“所学即所用”。在讲述各种保护时首先以DL-400《继电保护和安全自动装置技术规程》、GB 50062—1992《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》为依据,介绍元件继电保护的配置条文,同时又注意以实际保护装置作为应用举例,以满足学生和现场工作人员学习与参考需求。

根据不同的教育对象,我们重视处理好教材的难度与深度的关系。学习深奥的保护原理与装置原理,会严重影响学生的学习兴趣;而忽略这部分原理对于学生将来的实际工作能力影响也不大。本教材删掉了部分这类难点,如功率方向元件的工作原理、距离保护的复杂接线方式等;对于具有一定难度但又不能删掉的核心理论部分,在章节名前加“*”,供选学。

为保证学生的职业发展潜力,教材也适当考虑了宽度与广度。在保证基本理论体系完整的同时,适当选取继电保护装置生产厂家最新技术资料补充进来,避免了纯粹理论的讲解,扩展了学生的视野;所使用的硬软件框图都是经简化浓缩后的框图,突出了关键问题,加强了逻辑分析和理解;每种保护都附加了应用实例,增强了理论与实践的联系。

本教材可以作为职业教育电气专业学生的专业教材,又可作为生产现场继电保护专业人员的培训教材。全书共分九章,第一章为继电保护的基本知识,第二、三、四、五章为线路保护原理与应用,第六、七、八、九章为元件保护原理与应用;第三章由洪涛高级讲师编写,其余由宋志明高级讲师编写,全书由宋志明进行统稿,由山东省电力学校荀堂生高级讲师、保定电力职业技术学院杨利水副教授主审。

符号说明

一、设备文字符号

| 名称 | 旧符号 | 新符号 | 名称 | 旧符号 | 新符号 |
|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
| 断路器 | DL | QF | 出口继电器 | CKJ | KCO |
| 线路 | XL | L | 熔断器 | RD | FU |
| 合闸线圈 | HQ | LC | 连接片 | LP | XB |
| 电流继电器 | LJ | KA | 跳闸线圈 | TQ | LT |
| 电压继电器 | YJ | KV | 发电机 | F | G |
| 电流互感器 | LH | TA | 电压互感器 | YH | TV |
| 合闸位置继电器 | HWJ | KCP | 跳闸位置继电器 | TWJ | KTP |
| 变压器 | B | T | 二极管 | D | V |
| 合闸压力继电器 | HYJ | KPL | 跳闸压力继电器 | TYJ | KPL |

二、主要角标符号

| 名称 | 旧符号 | 新符号 | 名称 | 旧符号 | 新符号 |
|-----|-------|-------|--------|-----|-----|
| 相序 | A、B、C | U、V、W | 励磁 | lc | e |
| 启动 | QD | ST | 相对 | xd | za |
| 整定 | zd | set | 测量 | j | m |
| 返回 | h | re | 短路点、短路 | D、d | K |
| 可靠 | k | rel | 动作 | dz | act |
| 接线 | jx | com | 灵敏角 | lm | sen |
| 过渡 | g | tr | 同期 | tq | SC |
| 自启动 | zq | MS | 不平衡 | bp | unb |
| 差动 | cd | d | 同型 | tx | st |
| 负荷 | fh | L | 系统 | xt | s |
| 制动 | z | res | 分支 | fz | bra |
| 额定 | e | N | 采样 | c | s |
| 残余 | cy | r | 断线 | DX | CL |
| 跟跳 | gt | FT | 充电 | chg | F |

目 录

前言

符号说明

| | |
|---|----|
| 第一章 继电保护基本知识 | 1 |
| 第一节 继电保护的任務及基本要求 | 1 |
| 第二节 继电保护的基本构成与分类 | 3 |
| 第三节 微机保护的硬件系统 | 4 |
| * 第四节 微机保护的软件系统 | 8 |
| * 第五节 微机保护的数据处理和基本算法 | 9 |
| 第六节 互感器 | 13 |
| 第二章 输电线路相间短路的电流保护 | 18 |
| 第一节 电流保护概述 | 19 |
| 第二节 无时限电流速断保护 | 20 |
| 第三节 限时电流速断保护 | 23 |
| 第四节 定时限过电流保护 | 24 |
| 第五节 阶段式电流保护 | 26 |
| 第六节 电流保护的电压元件 | 28 |
| 第七节 电流保护的方向元件 | 31 |
| * 第八节 电流保护的应用举例 | 33 |
| 第三章 输电线路的接地保护 | 36 |
| 第一节 大接地电流系统的接地故障特点 | 36 |
| 第二节 大接地电流系统的接地保护 | 38 |
| 第三节 零序电流方向保护 | 41 |
| 第四节 小接地电流系统的单相接地故障特点 | 42 |
| 第五节 小接地电流系统的接地补偿与保护 | 43 |
| * 第六节 小接地电流系统发生单相接地时的故障选线装置 | 45 |
| * 第七节 RCS—902A、RCS—902B型微机保护装置零序保护方框图简介 | 47 |
| 第四章 距离保护 | 51 |
| 第一节 距离保护概述 | 51 |
| 第二节 阻抗元件的动作特性 | 53 |
| * 第三节 工频变化量距离继电器 | 56 |
| 第四节 影响距离保护正确动作的因素及消除方法 | 58 |
| 第五节 距离保护的整定计算 | 64 |
| * 第六节 微机距离保护应用举例 | 66 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第五章 输电线路保护的全线速动保护 | 70 |
| 第一节 输电线路的纵联差动保护 | 71 |
| 第二节 输电线路高频保护概述 | 72 |
| * 第三节 高频保护中的方向元件 | 75 |
| 第四节 高频保护的基本原理 | 79 |
| * 第五节 高频保护应用举例 | 81 |
| * 第六节 输电线路的光纤保护 | 87 |
| * 第七节 光纤保护应用举例 | 91 |
| 第六章 同步发电机的继电保护 | 94 |
| 第一节 发电机的故障、不正常运行状态及其保护方式 | 94 |
| 第二节 发电机定子绕组相间短路故障的保护 | 95 |
| 第三节 定子绕组匝间短路保护 | 99 |
| 第四节 发电机定子单相接地保护 | 101 |
| 第五节 发电机低励失磁保护 | 103 |
| 第六节 励磁回路一点、两点接地保护 | 106 |
| 第七节 发电机负序电流保护 | 108 |
| * 第八节 逆功率保护 | 109 |
| * 第九节 励磁回路过负荷保护 | 110 |
| * 第十节 发电机过电压保护 | 110 |
| 第七章 电力变压器的继电保护 | 112 |
| 第一节 变压器故障、不正常状态与保护配置 | 112 |
| 第二节 变压器纵差保护 | 114 |
| 第三节 主变压器瓦斯保护 | 121 |
| 第四节 变压器过电流保护和过负荷保护 | 122 |
| 第五节 变压器零序保护 | 125 |
| * 第六节 变压器其他保护 | 127 |
| * 第七节 发电机—变压器组保护 | 128 |
| * 第八章 发电机—变压器组保护举例 | 133 |
| 第一节 保护典型配置 | 133 |
| 第二节 装置性能特征 | 135 |
| 第三节 装置整体说明 | 138 |
| 第四节 保护原理 | 141 |
| 第五节 装置使用说明 | 170 |
| 第九章 母线保护 | 176 |
| 第一节 母线故障及其保护方式 | 177 |
| 第二节 母线完全电流差动保护 | 178 |
| 第三节 双母线电流差动保护 | 179 |
| * 第四节 母线保护应用举例 | 181 |
| 附录 保护装置操作箱和盘面布置接线端子 | 187 |
| * 参考文献 | 194 |

继电保护基本知识

第一节 继电保护的任務及基本要求

一、电力系统的故障

在电力系统运行过程中,可能发生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各种形式的短路。所谓短路是指相与相之间或相与地之间的短接,以及电机或变压器同一相绕组不同线匝之间的短接。电力系统短路的基本形式有三相短路、两相短路、单相接地短路、两相接地短路及发电机或变压器同一相绕组不同线匝之间的短接(简称匝间短路)。

电力系统发生故障时可能产生的后果如下:

- (1) 故障点的电弧使故障设备损坏。
- (2) 短路电流使故障回路中的设备遭到损坏。短路电流比工作电流大得多,可达额定电流的几倍至几十倍,其热效应和电动力效应可能使短路回路中的设备受到损坏。
- (3) 短路时可能使电力系统的电压大幅度下降,使用户的正常工工作遭到破坏,影响用户产品质量,严重时可能造成电压崩溃,引起大面积停电。
- (4) 破坏电力系统运行的稳定性,可能引起系统振荡,甚至造成电力系统的瓦解。

电力系统的正常工作遭到破坏,但未形成故障,称为不正常工作状态。如电气设备的过负荷、由于功率缺额引起的系统频率下降、发电机突然甩负荷产生的过电压以及系统振荡等,都属于不正常工作状态。

故障和不正常工作状态都可能引起事故,轻者造成小面积的停电,重者造成人身伤亡和设备损坏甚至大面积的恶性停电事故。

事故是指系统或其中的一部分正常工作遭到破坏,造成对用户的少送电或人身伤亡和设备破坏。前者称为停电事故,后者称为人身事故和设备事故。

二、电力系统继电保护的任務

GB50062—1992《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》规定:电力系统中的电力设备和线路,应装设反应短路故障和异常运行的保护装置。继电保护和自动装置应能尽快地切除短路故障和恢复供电。

为了减轻故障和不正常工作状态造成的影响,继电保护的任務是:

- (1) 当电力系统出现故障时,继电保护装置应能快速、有选择地将故障元件从系统中切除,使故障元件免受损坏,保证系统其他部分继续运行。
- (2) 当电力系统出现不正常工作状态时,继电保护能及时反应,一般发出信号,告诉值班人员予以处理;在无人值班时,保护装置可经过延时作用于减负荷或跳闸。

三、对继电保护的基本要求

GB50062—1992《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》规定:继电保护装置应满足可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。

继电保护性能通常用四性原则来衡量。一般情况下，动作于跳闸的继电保护要满足“四性”原则。

1. 选择性

所谓继电保护的选择性是指继电保护动作时，仅将故障元件从系统中切除，保证系统无

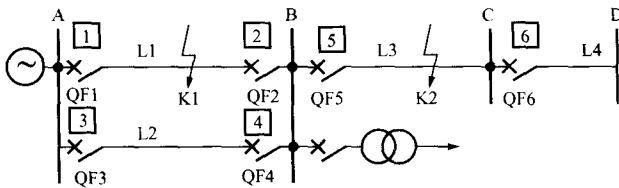


图 1-1 继电保护的选择性

故障部分继续运行。如图 1-1 所示，当 K1 点短路时，L1 线路两侧保护 1、2 动作，QF1、QF2 跳闸，是选择性动作。当 K2 点短路时，L3 线路保护 5 动作，QF5 跳闸是有选择性动作；当保护 5 拒动或 QF5 拒动

时，保护 1、3 动作，QF1、QF3 跳闸也是选择性动作，但保护 5 动作同时，保护 1、3 动作，为非选择性动作。

2. 速动性

速动性又叫迅速性，是指继电保护动作要快速。

快速切除故障可以提高电力系统并列运行的稳定性，减少用户在电压降低的情况下工作的时间，降低电力系统在短路状态下的设备损坏程度。

切除故障的时间包括继电保护动作时间和断路器的跳闸时间，因而保护动作速度快可以缩短故障切除时间。在简单、可靠和保证选择性的前提下，原则上保护动作越快越好。应该指出，不能片面追求保护的快速动作。因为快速而有选择的保护往往伴随着投资成本的提高和保护整定的复杂。

在实际应用中，为防止干扰信号造成保护的误动作及保护间的配合，不得不人为地设置一定的动作时限。目前继电保护的動作速度完全能满足电力系统的要求。最快的继电保护装置的动作时间约为 5ms。

3. 灵敏性

继电保护的灵敏性是指其对保护范围内发生的故障或不正常工作状态的反应能力。继电保护的灵敏性，通常用灵敏系数来衡量。灵敏系数应根据对继电保护动作最不利的条件进行计算。

对于反应故障时参数增大的继电保护，其灵敏度系数为

$$K_{\text{sen}} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{继电保护的動作参数}}$$

对于反应故障时参数降低的继电保护，其灵敏度系数为

$$K_{\text{sen}} = \frac{\text{继电保护的動作参数}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最大计算值}}$$

考虑到故障可能是非金属性的短路等因素，因此要求 $K_{\text{sen}} > 1$ 。

4. 可靠性

继电保护的可靠性是指电力系统在正常运行时，继电保护应可靠地不动作；当发生故障或不正常工作状态时，继电保护应可靠地动作。前者称为安全性，后者称为可依赖性。不该动作而动作叫误动作；该动作而不动作叫拒动作。为了提高保护动作的可靠性第一要使用技术成熟且质量可靠的设备；第二应加强职业责任感，提高技术水平，高质量地完成岗位

工作。

以上四项基本要求，贯穿整个继电保护全过程。要注意四项基本要求间的矛盾与统一，同时满足四项基本要求的保护装置投资成本将增大。因此，在选择继电保护时应考虑经济性。经济性首先要着眼于整个国民经济有利，而不应局限于节省继电保护的投資。同时，对于那些次要而数量很大的电气元件，也不应装设复杂而昂贵的继电保护。

第二节 继电保护的基本构成与分类

一、继电保护的基本构成

随着科学技术的快速发展，继电保护基本上以微机保护为主，来实现电力系统的安全。但无论哪种保护为了实现其强大的功能，它必须能够区分系统正常运行与发生故障或不正常工作状态之间的区别。

电力系统发生故障时，有些参数发生变化，与系统正常运行时不同。例如电流增大，电压降低，线路始端测量的阻抗减小以及电流之间的相位差发生变化等。利用这些差别可以构成各种不同原理的继电保护。

继电保护由测量部分、逻辑部分和执行部分组成，如图 1-2 所示。测量部分的作用是测量被保护元件的运行参数，并与保护的整定值进行比较，以判断被保护元件是否发生故障。如果运行参数达到或

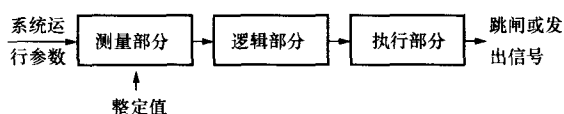


图 1-2 继电保护基本原理构成

超过整定值，测量部分向逻辑部分发出信号，表明发生了故障，且保护已经起动。逻辑部分是根据测量部分输出的信号，按照预定的逻辑关系，判断保护是否应该动作，即实现选择性的要求，并向执行部分发出信号。执行部分根据逻辑部分送来的信号，按照预定的任务，动作于断路器跳闸或发出信号。

二、继电保护的分类

(1) 按保护所反应的故障类型可以分为相间短路保护、接地保护、匝间短路保护、失磁保护等。

(2) 按保护的功能可分为主保护，后备保护，辅助保护。

1) 主保护是指按要求切除被保护范围内的短路故障且起主要作用的继电保护。

2) 后备保护是指当主保护或断路器拒绝动作时起作用的继电保护。它有远后备和近后备两种方式。

3) 辅助保护一般是指弥补主保护某些性能的不足，而装设的保护。

(3) 按被保护的對象可分为输电线路保护、发电机保护、变压器保护、电动机保护、母线保护、电容器保护等。

(4) 按保护所反应的物理量可分为电流保护、电压保护、方向电流保护、距离保护、差动保护、高频保护、瓦斯保护等。

第三节 微机保护的硬件系统

继电保护是由若干元件组成的。微机保护与常规保护以不同的方法来实现相同的工作原理。其最大区别就在于前者不仅有实现继电保护功能的硬件电路，而且还必须有保护和管理功能的软件程序；而后者则只有硬件电路。微机保护是常规保护的发展和进化，用微型计算机来实现更为复杂的保护原理；而常规保护由功能不同的继电器来实现，所有逻辑和延时也都是由继电器来完成。

微机保护主要有硬件和软件两部分来组成，不同的保护其硬件大致是相同的，通过不同的软件来实现不同原理的保护。本节主要讲述微机保护的基本构成。

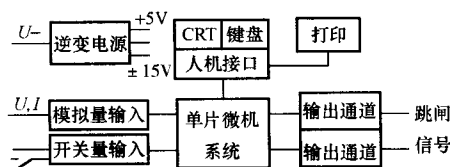


图 1-3 典型的微机保护框图

一、微机保护的硬件结构

一般地，一套微机保护的硬件构成可分为四部分：数据采集系统、输出输入接口、微型计算机系统、电源及人机接口部分，如图 1-3 所示。

1. 数据采集系统

传统保护是把互感器二次侧电压信号及电流信号直接引入继电保护，或者把二次电压、电流经过变换（信号幅值变化或相位变化）组合后再引入继电保护。

微机保护处理数字信号，即送入微型计算机的信号必须是数字信号。这就要求必须有一个将模拟信号变换成数字信号的系统，这就是数据采集系统的任务。

2. 微型计算机系统

微型计算机是微机保护的核心。目前微机保护的计算机部分都是微型计算机或单片微型计算机，这也是微机保护名称的由来。

由一片微处理器（CPU）配以程序存储器（EPROM）、数据存储器（RAM）、接口芯片（包括并行接口芯片、串行芯片）、定时器/计数器芯片等构成的微机系统称为单片微机系统，如图 1-4 所示。在一套微机保护中有两片或两片以上的 CPU 构成的微机系统则称为多 CPU 微机系统，如图 1-5 所示。

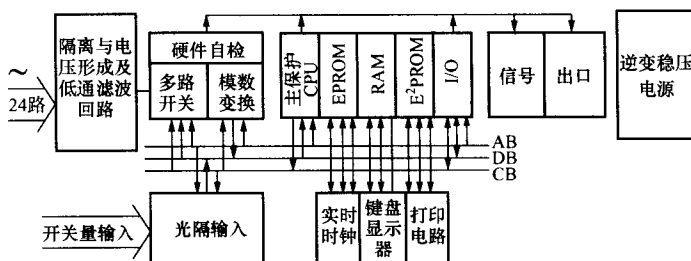


图 1-4 单片微型计算机系统保护原理框图

由单片微型计算机配以部分接口芯片也可以构成微机系统。同样地，在一套微机保护中仅有一个单片机称为单微机系统，在一套保护中有两片或两片以上单片机则称为多微机系统。

单微机系统 CPU 只有一个，整套保护的所有功能都是在它的管理下实现的，而多微机系统中有两个或两个以上 CPU，每一个 CPU 可执行它的一部分任务，几个 CPU 之间的任务是并行工作的。

目前，多微机系统任务分配方法有多种方案。例如有两个 CPU 的系统，其中一个 CPU 负责完成数据采集任务，而另一个 CPU 则完成数据处理任务；另一个方案是一个 CPU 实现设备的主保护，而另一个 CPU 实现后备保护的任务；也有的让两个 CPU 实现完全相同的任务，从而对微机系统来说，硬件电路与软件完全双重化，有利于提高微机保护可靠性。在复杂的微机保护中，一般有两个以上 CPU 或单片机。此时，可由一个 CPU 或单片机实现人

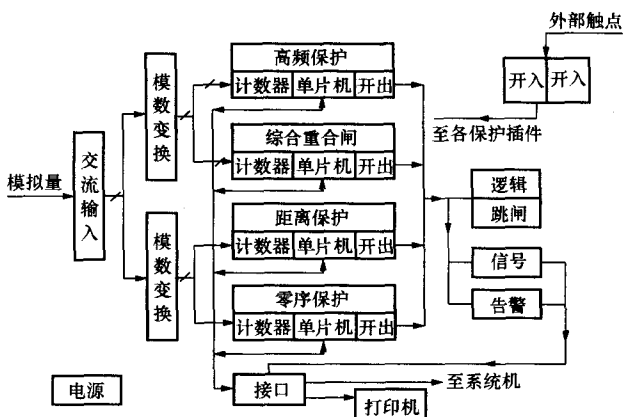


图 1-5 多 CPU 微机保护硬件框图

机对话功能，其他 CPU 或单片机则分别完成不同的保护功能。这种硬件结构称为主从式多 CPU 并行工作系统。新型保护为了提高数据的处理能力，采用双数据处理系统，如图 1-6

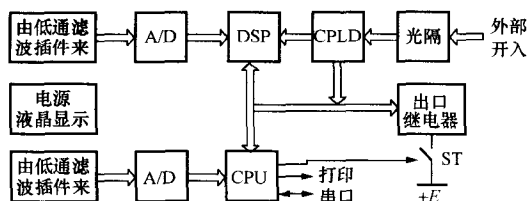


图 1-6 双数据处理系统的硬件模块图

所示。

3. 输入输出接口

输入输出接口是微机保护与外部设备的联系部分，因为输入信号、输出信号都是开关量信号（即触点的通、断），所以又称为开关量输入电路、开关量输出电路，如图 1-7 所示。

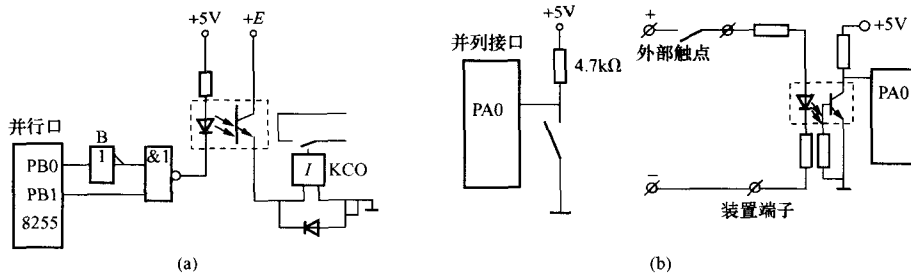


图 1-7 开关量输出电路原理图

(a) 开关量输出回路原理；(b) 开关量输入电路原理

例如，保护装置连接片、屏上切换开关、其他保护动作的触点等均作为开关量输入到微机保护，而微机保护的执行结果则应通过开关量输出电路驱动一些继电器，如起动继电器、跳闸出口继电器、信号继电器等。

4. 电源

微机保护装置的电源是一套微机保护装置的重要组成部分。电源工作的可靠性直接影响着微机保护装置，因此不仅要求电源的电压等级多，而且要求特性好，且具有强的抗干扰能力。

目前微机保护装置的电源，通常采用逆变稳压电源。一般地，集成电路芯片的工作电压为 5V，而数据采集系统的芯片通常需要双极性的±15V 或±12V 工作电压，继电器则需要 24V 电压。因此，微机保护装置的电源至少要提供 5V、±15V、24V 几个电压等级，而且各级电压之间应不共地，以避免相互干扰甚至损坏芯片，如图 1-8 所示。

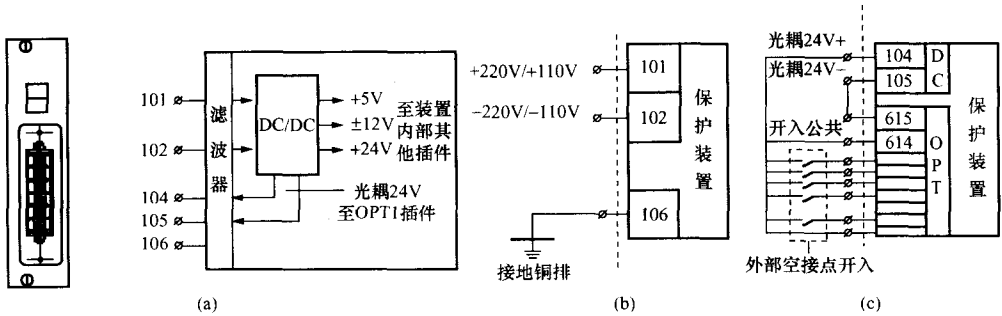


图 1-8 微机保护装置硬件组成插件原理及接线图
 (a) 原理逻辑框图；(b) 电源直流线接入端子；(c) 外部开入量输入端子

5. 人机接口部分

人机接口部分可以通过键盘、汉化液晶显示、打印及信号灯、音响和语言告警等来实现人机对话。按键作为人机联系的输入手段，可输入命令、地址、数据。而打印机和液晶显示器，则作为人机联系的输出设备，可以显示调试结果及故障后的报告。在多微机系统中，人机接口部分一般由一个单独的微机系统或单片机实现。

二、装置面板布置

微机保护正面不同厂家有所不同，其共同之处是要整齐、清晰，同一水平线上安装同类仪表或装置，同时还应使操作方便、布局美观。对于保护设备来说，在屏面上装有保护装置转换（控制）开关、信号指示灯、打印机、保护出口压板。其目的是要保护装置的信号及命令的输入与输出功能易操作和清晰。RCS—901 型微机保护装置面板布置及面板照片分别如图 1-9、图 1-10 所示。

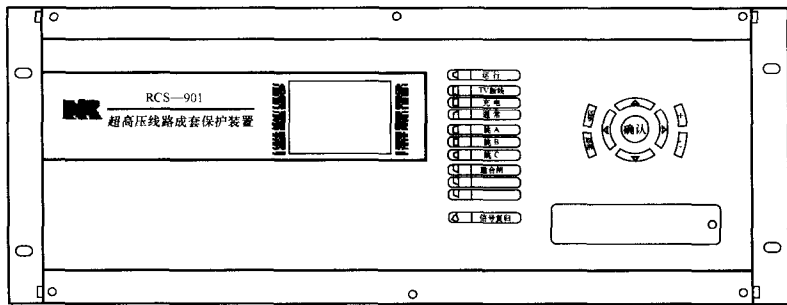


图 1-9 RCS—901 型微机保护装置面板布置

1. 显示窗

显示窗主要用来显示自检状态、正常运行时状态、故障状态、调试状态等。通过显示窗可以完成基本的人机对话及装置自身的信息输出。

2. 键盘

键盘用于对微型机进行人工控制,完成定值录入、数据打印、状态查询等。键盘上主要有“上”、“下”、“左”、“右”、“+”、“-”、“确定”、“取消”等键。

3. 信号指示灯

信号指示灯主要指示保护的工作状态,有正常运行指示、TV断线、重合闸充放电状态、跳闸状态、信号复归等信号。

4. 并行或串行通信或调试接口

并行或串行通信或调试接口通过外接设备对设备进行软件调试,也可以进行保护功能的测试。

三、装置端子布置

通过装置端子布置可以对保护装置的硬件有所了解,如图 1-11、图 1-12 所示:

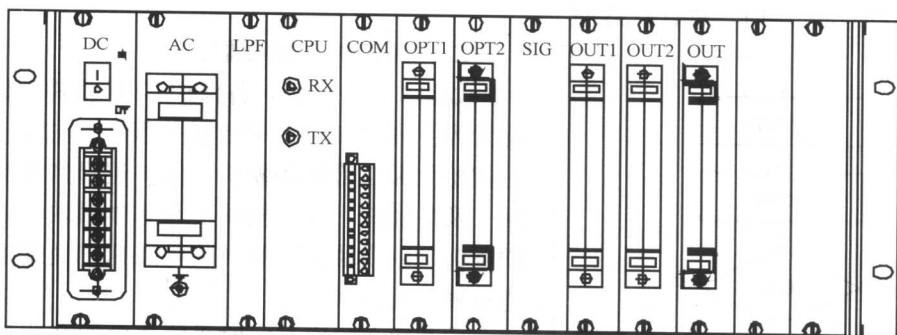


图 1-11 端子布置图(背视)

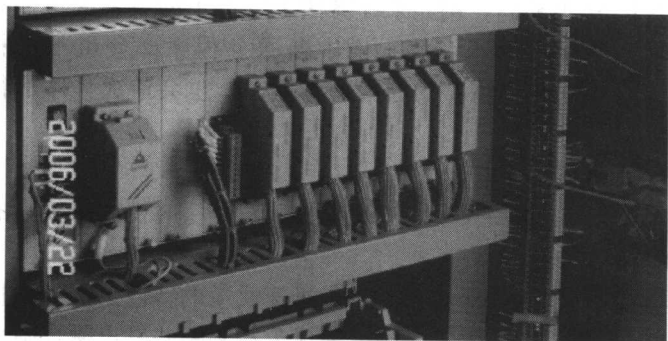


图 1-12 端子布置照片(背视)

一般情况下,从左到右依次是:

(1) 直流电源:可选用 110V 或 220V 直流电源。

(2) 交流输入变换插件:可接入 1A 或 5A 的电流互感器二次电流,并进行交流变换、低通滤波器以及 VFC 转换等,为 CPU 提供实时数据。

(3) CPU:完成保护的各种

功能,并与上级、下级进行数据、信息通信。

(4) 通信板:实现光纤、双绞线、10/100M 以太网光纤为通道的数据、信息通信。

(5) 开入开出光耦插件:开关量的输入输出。

(6) 信号板:显示装置的运行状态、保护动作状态等的信号。

(7) 输出继电器插件及扩展板等：提供装置出口的空继电器触点。

* 第四节 微机保护的软件系统

微机保护的软件分为接口软件和保护软件两大部分。

一、接口软件

接口软件是指人机接口部分的软件，其程序可以为监控程序和运行程序。执行哪一部分程序由接口面板的工作方式或显示器上显示的菜单选择来决定。调试方式下执行监控程序，运行方式下执行运行程序。

监控程序主要就是键盘命令处理程序，是为接口插件（或电路）及各 CPU 保护插件（或采样电路）进行调试和整定而设置的程序。

接口的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）、键盘扫描和处理及故障信息排列和打印。定时中断服务程序包括：软件时钟程序；以硬件时钟控制并同步各 CPU 插件的软件时钟；检测各 CPU 插件起动元件是否动作的检测起动程序。所谓软件时钟就是每经 1.66ms 产生一次定时中断，在中断服务程序计数器加 1，当软计数器加到 600 时，秒计数器加 1。

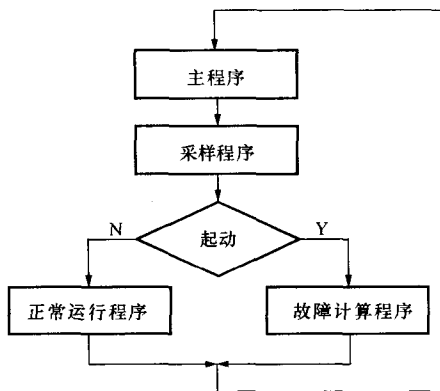


图 1-13 保护程序结构框图

二、保护软件的配置

如图 1-13 所示，各保护 CPU 插件的保护软件配置为主程序和两个中断服务程序。主程序通常都有初始化和自检循环模块、保护逻辑判断模块和跳闸（及后加速）处理模块三个基本模块。通常把保护逻辑判断模块和跳闸（及后加速）处理模块总称为故障处理模块。

中断服务程序有定时采样中断服务程序和串行口通信中断服务程序。在不同的保护装置，采样算法不相同，例如采样算法上有些不同或者因保护有些特殊要求，使采样中断服务程序部分也不尽相同。不同保护的通信规约不同，也会造成程序的很大差异。

大差异。

1. 实时性与中断工作方式概述

绝大多数的工控计算机软件都采用了中断技术，微机保护装置是实时性要求较强的工控计算机设备，更是离不开中断的工作方式。

所谓实时性就是指在限定的时间内对外来事件能够及时做出迅速反应的特性。例如保护装置需要在限定的极短的时间内完成数据采样，在限定时间内完成分析判断并发出跳合闸命令或告警信号，在其他系统对保护装置巡检或查询时及时响应。这些都是保护装置的实时性的具体表现。保护装置要对外来事件做出及时反应，就要求保护装置中断自己正在执行的程序，而去执行服务于外来事件的操作任务和程序。实时性还有一种层次的要求，即系统的各种操作的优先等级是不同的，高一级的优先操作应该首先得到处理。显然，这就意味着保护装置将中断低层次的操作任务去执行一级优先操作的任务，也就是说保护装置为了要满足实

时性要求必须采用带层次要求的中断工作方式，在这里中断成为保护装置软件的一个重要概念。

总之，由于外部事件是随机产生的，凡需要 CPU 立即响应并及时处理的事件，必须用中断的方式才可实现。

2. 中断服务程序的概念

对保护装置而言，其外部事件主要是指电力系统状态、人机对话、系统机的串行通信要求。电力系统状态是保护最关心的外部事件，保护装置必须每时每刻掌握保护对象的系统状态。因此，要求保护装置定时采样系统状态，一般采用定时器中断方式，每经 1.66ms 中断原程序的运行，转去执行采样计算的服务程序，采样结束后通过存储器中的特定存储单元将采样计算结果传送给原程序，然后回去执行原被中断了的程序。这种采用定时中断方式的采样服务程序称为定时采样中断服务程序。

在采样中断服务程序中，除了采样和计算外，通常还含有保护的起动元件程序及保护某些重要程序，例如高频保护在采样中断服务程序中安排检查收发机的情况；距离保护中还设有两健全相电流差突变元件，用以检测发展性故障；零序保护中设有 $3U_0$ 突变量元件等。因此保护的采样中断服务程序是微机保护的重要软件组成部分。

保护装置还应随时接受工作人员的干预，如改变保护装置的工作状态、查询系统运行参数、调试保护装置等，这就是利用人机对话方式来干预保护工作。这种人机对话是通过键盘方式进行的，常用键盘中断服务程序来完成。有的保护装置不采用键盘中断方式，而采用查询方式。当按下键盘时，通过硬件产生了中断要求，中断响应时就转去执行中断服务程序。键盘中断服务程序或键盘处理程序常属于监控程序的一部分，它把被按的键符含义翻译出来并传递给原程序。

系统机与保护装置的通信要求，实际上是属于高一层次对保护的干预。这种通信要求常用主从式串行口通信来实现。当系统主机对保护装置有通信要求时，或者接口 CPU 对保护 CPU 提出巡检要求时，保护装置的串行通信口就提出中断请求，在中断响应时，就转去执行串行口通信的中断服务程序。串行通信按一定的通信规约进行的，其通信数字帧常用地址帧和命令帧两种。系统机或接口 CPU（主机）通过地址帧呼唤通信对象，被呼唤的通信对象（从机）就执行命令帧中的操作任务。从机中的串行口中断服务程序就是按照一定的通信规约，鉴别通信地址和执行主机的操作命令的程序。

3. 保护的中断服务程序配置

根据中断服务程序基本概述的分析，一般保护装置总是要配有定时采样中断服务程序和串行通信中断服务程序。对单 CPU 保护，CPU 除有保护任务之外还有人机接口任务，因此还可以配置键盘中断服务程序。

* 第五节 微机保护的数据处理和基本算法

一、微机保护的数据处理

微机保护的功能是由实时的数字信号来实现的，因此，必须对被保护元件的模拟信号进行必要的处理，最后转换成数字信号，输入给微处理器进行处理。

(一) 输入模拟信号的电平变换

输入模拟信号电平变换环节,通常位于前置模拟通道之前,是数字保护装置信号输入的第一环节。该环节的作用有两个:一是使输入信号与微机模拟通道电平相匹配;二是实现装置内部的电隔离,即不使系统二次侧设备与微机保护装置之间存在电的联系,以提高抗干扰能力。

输入模拟信号的电平变换,主要由各种电压、电流变换器来实现,与传统的保护装置基本相同。

由于这些输入信号从系统正常状态到故障状态,呈现极大的动态范围,所以电平变换部分应和低通滤波、A/D 转换部件紧密配合,既要在保证正常运行状态下有足够的精确度,又要保证在最严重故障时有充分的裕度。如交流电流信号在故障时可达正常运行时的 10~20 倍,甚至还要附加数量相同的直流分量暂态偏移值,在这种情况下也不应该使 A/D 转换部件发生溢出,也不应使转换装置饱和。

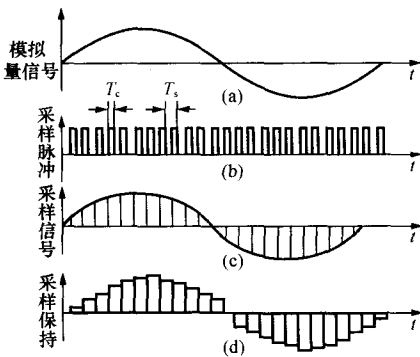


图 1-14 采样保持过程波形图

(二) 采样、采样定理及采样保持

模拟量输入信号经电平变换和低通滤波后,其输出为连续信号。把连续的模拟信号变换为数字量,首先必须进行采样,采样过程波形如图 1-14 所示。在采样器的输出端即可得到离散的采样信号。

采样就是周期性抽取或测量连续信号。每隔 Δt 采样一次, Δt 称为采样周期, $\frac{1}{\Delta t}$ 称为采样频率 f_s 。

连续信号的离散化与采样所需要的最低采样频率有一定的关系。为了能根据采样信号完全重现原来的信号,采样频率必须大于输入连续信号最高频率的 2 倍,即 $f_s > 2f_{\max}$, 否则将会出现频率混迭,不可能重现原来的信号。这就是对连续信号进行数字处理必须遵守的采样定理。目前微机保护采用的采样频率约为 240~2000Hz。如 FLP-900 型快速主保护采样频率为 $f_s = 24 \times 50 = 1200$ (Hz), 后备保护为 $f_s = 12 \times 50 = 600$ (Hz)。

(三) 模/数 (A/D) 转换

微机保护所处理的数据是数字信号,电流互感器和电压互感器的二次电流和电压信号通过微机保护的滤波、采样等处理后必须转变成数字信号,CPU 才能进行进一步处理。而完成这一工作的是 A/D 转换器。A/D 转换器的类型有很多,微机保护采用的 A/D 转换器有逐次逼近式 ADC、双斜坡 ADC 和压频变换 VFC。在此,我们不对转换器的原理进行解释,而是说明其精确度与转换速度的关系。A/D 转换器的精确度与转换速度直接影响保护的数据采集精确度和动作速度,因此,微机保护需要的是转换精确度高、转换速度快的 A/D 转换器。

A/D 转换器的转换精度决定于 A/D 芯片的位数。

如果要求最大相对量化误差不超过 1%,则应选择 14 位的 A/D 芯片。

二、微机保护的基本算法

在微机保护中如何运用运算方法求出电流、电压的幅值、相位就是算法要研究的问题。