



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

(第二版)

宋志明 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



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

(第二版)

主 编 宋志明
编 写 洪 涛 王 莉
主 审 荀堂生 杨利水



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

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。本书从现场角度出发，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。

全书共十章，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、输电线路保护的全线速动保护、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、母线保护和断路器保护及辅助保护。为配合教学，本书附有保护装置操作箱和盘面布置接线端子、设备文字符号和主要角标符号的符号说明。

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. —2版. —北京:中国电力出版社, 2011.6

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5123-1827-4

I. ①继... II. ①宋... III. ①继电保护—职业教育—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 120359 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 1 月第一版

2011 年 8 月第二版 2011 年 8 月北京第五次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 335 千字

定价 23.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

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,尤其是强调对实际动手能力的培养,以满足当前职业教育及电力生产实际的需要,为此编写了本教材。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,本教材在选材时做了很大的调整。

本书自2007年1月出版以来得到了众多读者的青睐,并收到了许多宝贵意见,对本次修订工作起到了重要的作用,首先感谢广大读者的厚爱与关心,同时对给予本教材以关爱与褒贬的各位专家学者以由衷的感谢。教材出版以来,已经先后重印多次,并荣获2007年度山东省职业教育协会优秀科研成果一等奖,被中国电力教育协会评为2007~2009年度电力行业精品教材。

教材在编写过程中充分考虑了读者对教材的不同要求,尽量从知识体系、现场实用以及理论与实践相结合三个角度进行加工,以使其满足基本理论学习、业余学习参考、实践操作指导的多种功能。

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,但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GBT 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》、GB 50062—2008《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。

为了进一步满足现场学员的要求,利用再版的机会,增加了断路器保护与辅助保护,主要是当前生产现场应用的设备而在众多的教材中均未有提及的部分,如三相不一致保护、充电保护、断路器跟跳、远跳与远传、断路器闪络保护等,进一步贴近了生产实际。

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。

为进一步适应学员自学与教师讲课，本书开发了高度形象的动画版多媒体课件。《动画版继电保护原理与应用》充分考虑学员的自主性与教师教学工作的操控性，所有原理、动作、回路等过程均采用自选参数的逐步动作，既能演示行为，又能表现过程；并在2008年教育部举办的第八届全国多媒体教学课件大赛中荣获中职组特等奖，许多大学的知名教授都给予高度评价，部分章节在的第一届全国继电保护教学研讨会上引起较大反响。

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。全书共分十章，第一章为继电保护基本知识，第二、三、四、五章为线路保护原理与应用，第六、七、八、九、十章为元件保护原理与应用。第三章由洪涛高级讲师编写，第十章第七、八节由王莉老师编写，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。

本书编写过程中，得到山东电力集团公司各市供电公司、中国华电集团邹县发电厂、南京南瑞继保电气有限公司、北京博电新力电力系统仪器有限公司、南京南瑞电气检测公司等单位的大力支持，高洪雨、胡铁军、张松亭、霍永红、张嵩及有关老师提出了许多宝贵建议，在此一并表示诚挚的感谢。

由于作者水平有限，特别是对微机保护装置的实践还很不够，理解也不够透彻，书中错误与缺点在所难免，诚恳希望专家、读者批评指正！联系方式：山东省电力学校（271000），电子信箱 szmsddx@163.com。

编者

2011年5月

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
起动	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 task 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	3
* 第四节 微机保护的软件系统	7
* 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	21
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	34
第三章 输电线路的接地保护	37
第一节 大接地电流系统的接地故障特点	37
第二节 大接地电流系统的接地保护	39
第三节 零序电流方向保护	42
第四节 小接地电流系统的单相接地故障特点	43
第五节 小接地电流系统的接地补偿与保护	44
* 第六节 小接地电流系统发生单相接地时的故障选线装置	46
* 第七节 RCS-902A、RCS-902B 型微机保护装置零序保护方框图简介	48
第四章 距离保护	52
第一节 距离保护概述	52
第二节 阻抗元件的动作特性	54
* 第三节 工频变化量距离继电器	57
第四节 影响距离保护正确动作的因素及消除方法	59
第五节 距离保护的整定计算	66

* 第六节 微机距离保护应用举例	67
第五章 输电线路保护的全线速动保护	72
第一节 输电线路的纵联差动保护	73
第二节 输电线路高频保护概述	74
* 第三节 高频保护中的方向元件	77
第四节 高频保护的基本原理	81
* 第五节 高频保护应用举例	84
* 第六节 输电线路的光纤保护	90
* 第七节 光纤保护应用举例	93
第六章 同步发电机的继电保护	97
第一节 发电机的故障、不正常运行状态及其保护方式	97
第二节 发电机定子绕组相间短路故障的保护	98
第三节 定子绕组匝间短路保护	102
第四节 发电机定子单相接地保护	104
第五节 发电机低励失磁保护	106
第六节 励磁回路一点、两点接地保护	109
第七节 发电机负序电流保护	111
* 第八节 逆功率保护	112
* 第九节 励磁回路过负荷保护	113
* 第十节 发电机过电压保护	113
第七章 电力变压器的继电保护	115
第一节 变压器故障、不正常状态与保护配置	115
第二节 变压器纵差保护	117
第三节 主变压器瓦斯保护	125
第四节 变压器过电流保护和过负荷保护	125
第五节 变压器零序保护	128
* 第六节 变压器其他保护	130
* 第七节 发电机—变压器组保护	131
第八章 发电机—变压器组保护举例	136
第一节 保护典型配置	136
第二节 装置性能特征	138
第三节 装置整体说明	141
第四节 保护原理	144
第五节 装置使用说明	174
第九章 母线保护	179
第一节 母线故障及其保护方式	180
第二节 母线完全电流差动保护	181
第三节 双母线电流差动保护	182
* 第四节 母线保护应用举例	184

第十章 断路器保护及辅助保护	190
第一节 断路器失灵保护.....	190
第二节 断路器三相不一致保护.....	192
第三节 $1\frac{1}{2}$ 断路器接线的 T 区保护.....	193
第四节 断路器跟跳.....	195
第五节 死区保护.....	196
第六节 充电保护及过电流保护.....	197
第七节 远跳和远传.....	198
第八节 过电压保护.....	202
第九节 断路器闪络保护.....	203
附录 保护装置操作箱和盘面布置接线端子	205
参考文献	212

继电保护基本知识

第一节 继电保护的 task 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 task

GB 50062—2008《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 task 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

GB 50062—2008《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

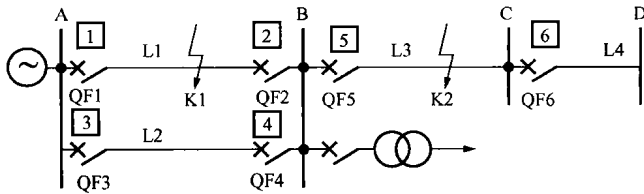


图 1-1 继电保护的选择性

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動作时间约为 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对整个国民经济有利，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

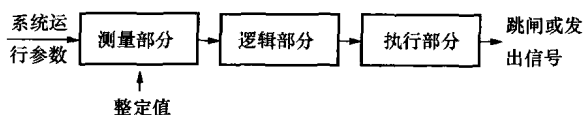


图 1-2 继电保护基本原理构成

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、后备保护和辅助保护。

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

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。

微机保护主要由硬件和软件两部分组成，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。

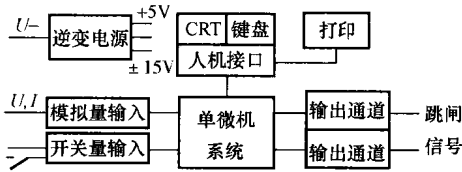


图 1-3 微机保护硬件构成

一、微机保护的硬件构成

一般地，一套微机保护的硬件构成可分为四部分，即数据采集系统、输出输入接口、微型计算机系统和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转换成数字信号的系，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

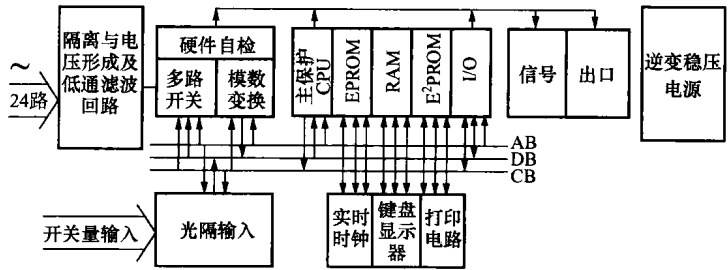


图 1-4 单片微型计算机系统

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型计算机系统，如图 1-4 所示。在一套微机保护中有两片或两片以上的 CPU 构成的微机系统称为多 CPU 微机系统，如图 1-5 所示。

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

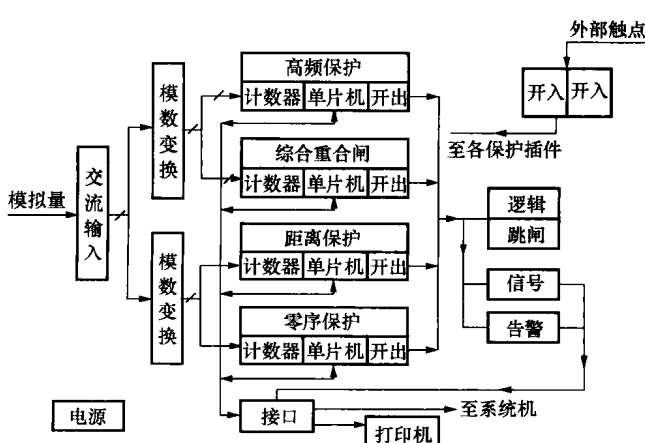


图 1-5 多 CPU 微机系统

仅有一片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；或者一个 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 所示。

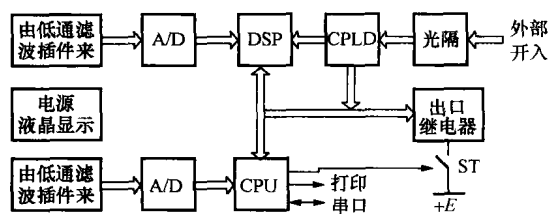


图 1-6 双数据处理系统

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，其原理如图 1-7 所示。

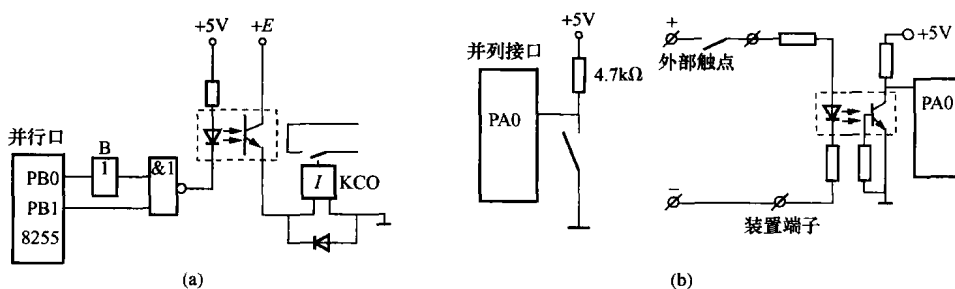


图 1-7 开关量输入输出电路原理图

(a) 开关量输出电路原理；(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，而且要求其特性好、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 $\pm 15V$ 或 $\pm 12V$ 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 5、 ± 15 、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。

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

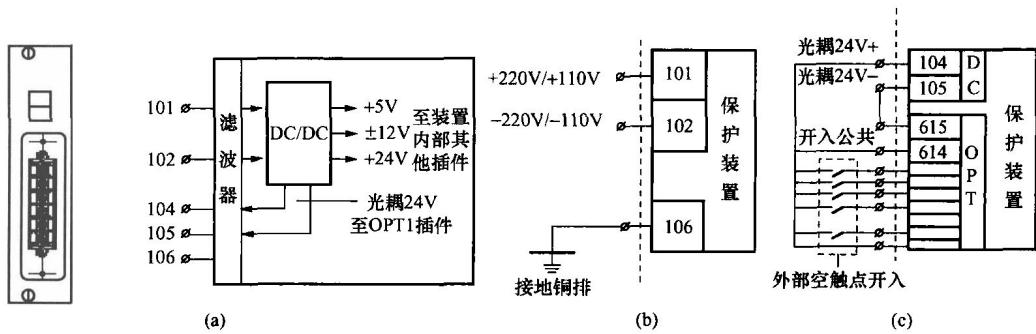


图 1-8 微机保护装置硬件组成插件原理及接线图
(a) 原理逻辑框图；(b) 电源直流线接入端子；(c) 外部开入量输入端子

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

微机保护装置的面板不同厂家有所不同，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。

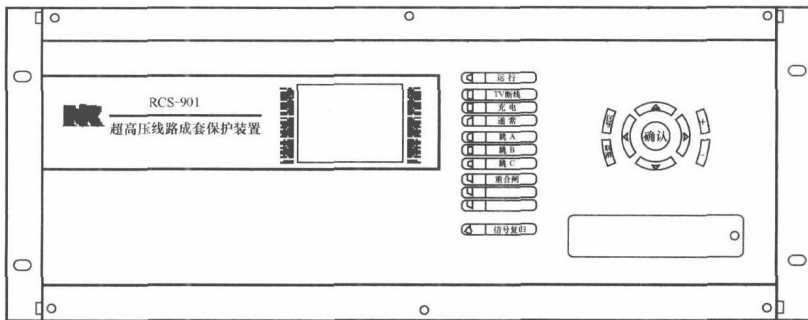


图 1-9 RCS-901 型微机保护装置面板布置

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。

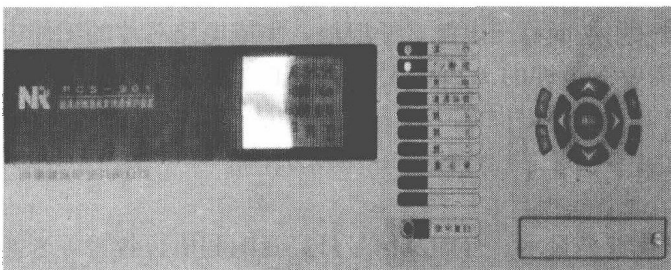


图 1-10 RCS-901 型微机保护装置面板照片

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。

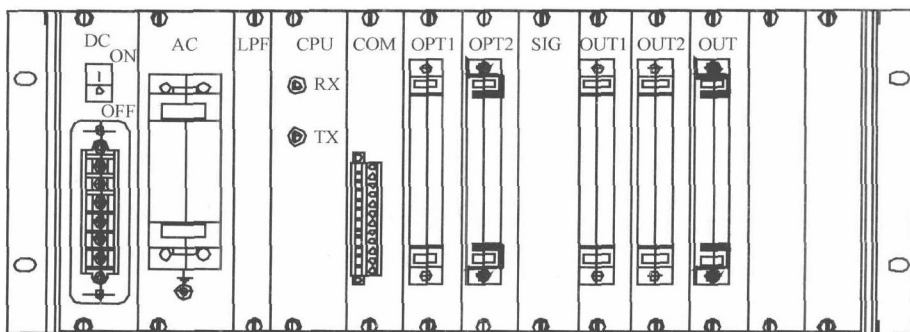


图 1-11 端子布置图（背视）

一般情况下，图 1-11 中从左到右依次是：

(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。

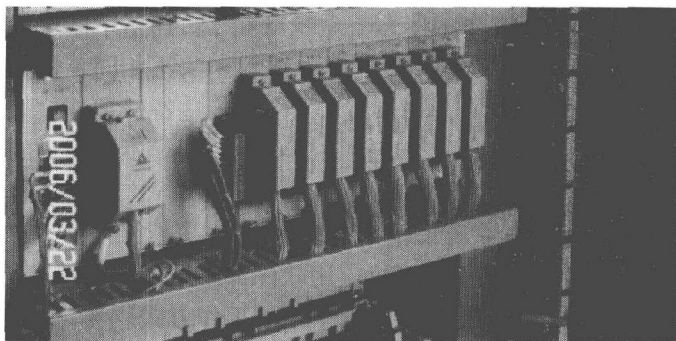


图 1-12 端子布置照片（背视）

* 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。

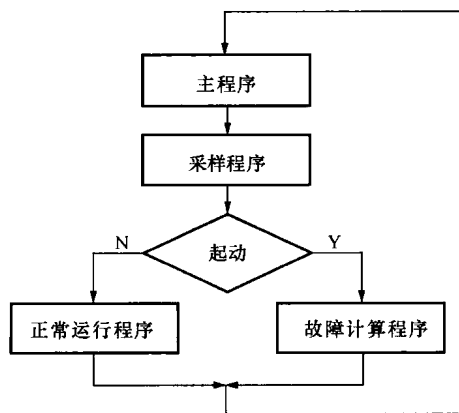


图 1-13 保护程序结构框图

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应用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。