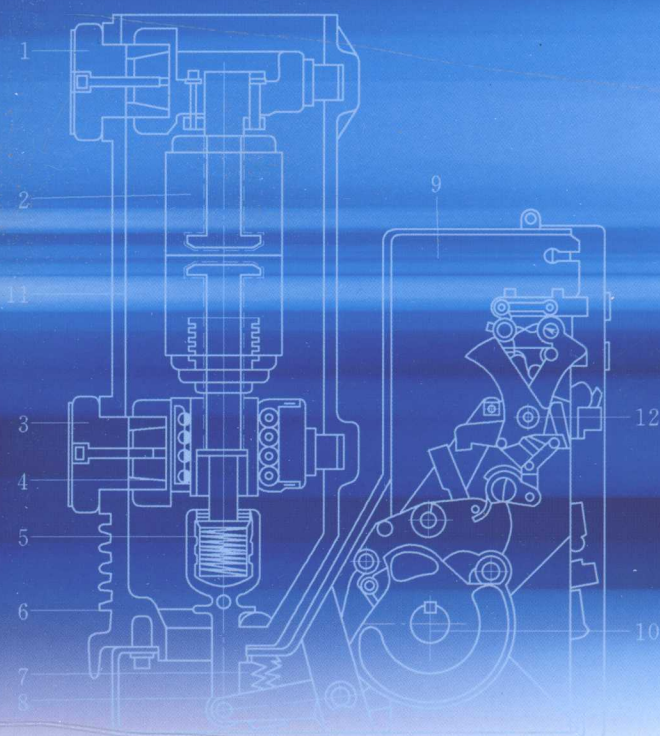




# 电力微机保护实用技术

主编 张露江

DIANLI

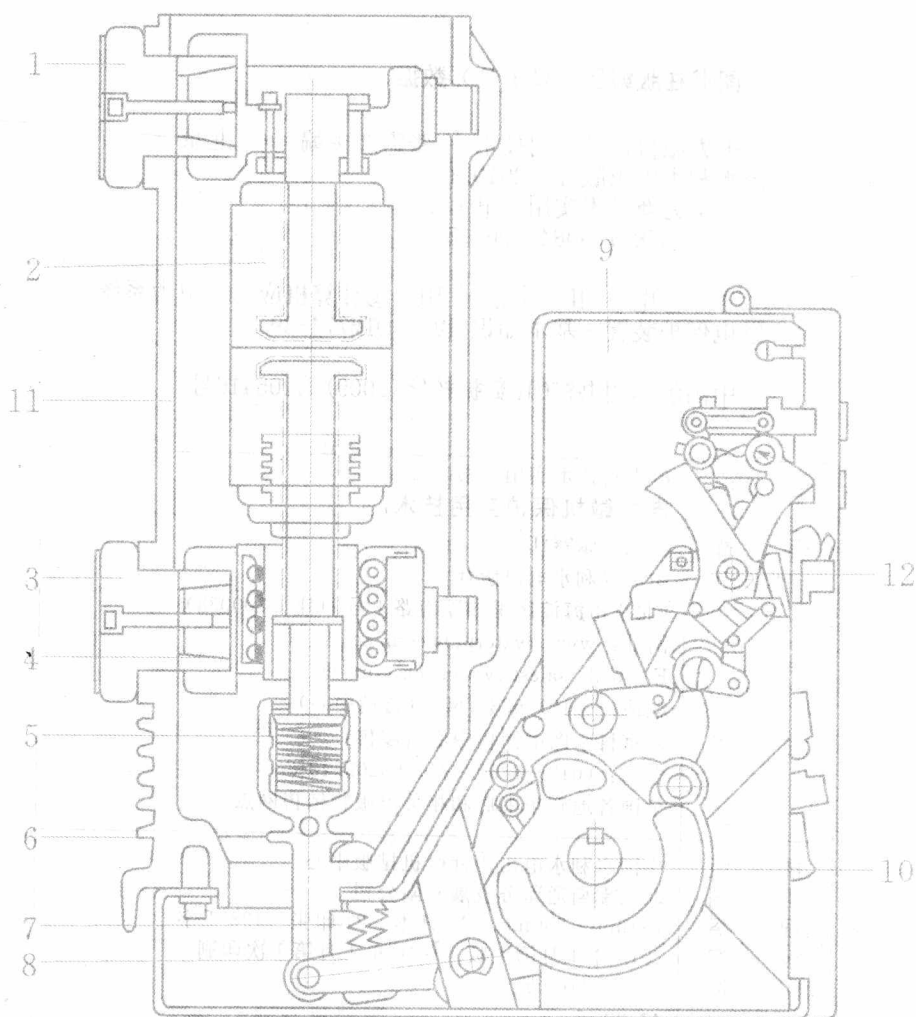
WEIJI BAOHU

SHIYONG JISHU

电力新技术实用丛书

# 电力微机保护实用技术

主编 张露江



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书共 8 章, 分别介绍了电力微机保护装置组成, 电力微机保护的应用, 电力微机保护装置安装调试, 微机型电力自动装置, 微机保护及自动装置的运行维护, 继电保护装置的检验, 电力继电保护故障处理方法及实例, 电力微机保护检验作业指导书等内容。

本书全面系统, 以应知应会岗位实用技术为主, 通俗易懂, 操作性强, 可供从事继电保护专业安装调试、运行维护人员及大专院校电气专业师生参考, 也可作为职工培训教材。

## 图书在版编目 (C I P) 数据

电力微机保护实用技术 / 张露江主编. — 北京 :  
中国水利水电出版社, 2010. 1  
(电力新技术实用丛书)  
ISBN 978-7-5084-6964-5

I. ①电… II. ①张… III. ①计算机应用—电力系统  
—继电保护装置—基本知识 IV. ①TM774-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第205416号

|      |                                                                                                                                                                                                                             |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 电力新技术实用丛书<br><b>电力微机保护实用技术</b>                                                                                                                                                                                              |
| 作 者  | 主编 张露江                                                                                                                                                                                                                      |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www. waterpub. com. cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub. com. cn</a><br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心 (零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                                        |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                                                                                                             |
| 印 刷  | 北京瑞斯通印务发展有限公司                                                                                                                                                                                                               |
| 规 格  | 184mm×260mm 16 开本 21 印张 498 千字                                                                                                                                                                                              |
| 版 次  | 2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                           |
| 印 数  | 0001—4100 册                                                                                                                                                                                                                 |
| 定 价  | <b>42.00 元</b>                                                                                                                                                                                                              |

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 本书编委会

主 编：张露江

副 主 编：段志勇 李文霞 陈家斌 闫志刚 周 勇

马 雁 张 利 雷 明 张永刚 臧清平

编 委：宋志勇 方 富 雷 鸣 赵 鹏 臧小萌

牛新平 张建乡 张建村 石海霞 王云浩

韩洪生 刘东升 冷 冰 谢 伟 张光明

季向阳 刘 平 姚明伟 徐向东 徐向伟

# 前 言

## P R E F A C E

随着时代的发展,电力科学技术也日新月异,电力设备不断更新换代,特别是电力继电保护设备,从电磁式继电器经历了晶体管保护、集成电路保护到现在的微机继电保护,不断得到完善,使继电保护设备可靠性、稳定性、精度达到先进水平,确保了电力网安全稳定、科学经济地运行。

为了保证社会的需要和人们生活要求,必须保证电网可靠供电,为此要有一支业务素质过硬的电力职工队伍来做保证,为了满足发供电部门从事继电保护专业的安装运行维护工程技术人员岗位工作需要,我们特编写了《电力微机保护实用技术》一书供大家参考。

本书是由电力生产一线专家,根据岗位应知应会技能要求进行编写的。突出岗位实用的特点,深入浅出地介绍了电力微机继电保护装置的结构组成原理,实际应用,安装试验,运行维护,定检以及故障处理方法和排除实例,重点是实际操作技能,尤其是对青年人、初学者起到“一学就会,拿来就用,立竿见影”的效果。

本书严格按照国家现行标准、规程、规范进行组稿,内容系统全面,简明扼要,通俗易懂,便于自学,既有基础理论知识,又有岗位操作技能,具有较强的岗位实用性。

微机保护基础理论介绍了软硬件,采用简化浓缩的框图,突出了关键地方,加强了逻辑分析,便于职工自学,本书重点介绍微机保护应用技术,突出介绍了几种微机保护的安装试验,运行维护,以及定检作业要求等内容。

由于编者水平有限,书中可能存在不当或错误,敬请专家和读者给予批评指正。

编 者

2009年7月

# 目 录

## CONTENTS

### 前言

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第一章 电力微机保护装置组成</b> .....     | 1   |
| 第一节 电力微机保护的发展及设计要求 .....        | 1   |
| 第二节 电力微机保护装置硬件 .....            | 7   |
| 第三节 电力微机保护装置软件 .....            | 28  |
| <b>第二章 电力微机保护的应用</b> .....      | 42  |
| 第一节 电力变压器微机保护 .....             | 42  |
| 第二节 母线微机保护 .....                | 61  |
| 第三节 电力并联电容器微机保护 .....           | 73  |
| 第四节 输电线路微机保护 .....              | 77  |
| 第五节 发电机微机保护 .....               | 99  |
| <b>第三章 电力微机保护装置安装调试</b> .....   | 117 |
| 第一节 电力微机保护装置安装检查及操作 .....       | 117 |
| 第二节 电力微机保护装置安装调试项目 .....        | 119 |
| 第三节 电力线路微机保护装置安装调试 .....        | 129 |
| 第四节 母线微机保护装置安装调试 .....          | 144 |
| 第五节 变压器微机保护装置安装调试 .....         | 155 |
| <b>第四章 微机型电力自动装置</b> .....      | 162 |
| 第一节 微机型电力故障录波器 .....            | 162 |
| 第二节 备用电源自投装置 .....              | 181 |
| <b>第五章 微机保护及自动装置的运行维护</b> ..... | 189 |
| 第一节 电力继电保护基本要求 .....            | 189 |
| 第二节 电力继电保护装置运行维护 .....          | 190 |
| 第三节 电力继电保护装置的投退操作 .....         | 194 |
| 第四节 电力变压器保护运行管理 .....           | 195 |
| 第五节 电力线路保护运行管理 .....            | 197 |

|            |                                 |            |
|------------|---------------------------------|------------|
| 第六节        | 母线保护运行管理 .....                  | 201        |
| 第七节        | 电力自动装置运行管理 .....                | 203        |
| 第八节        | 电力继电保护装置运行故障处理 .....            | 205        |
| 第九节        | 二次回路运行维护 .....                  | 209        |
| <b>第六章</b> | <b>继电保护装置的检验</b> .....          | <b>220</b> |
| 第一节        | 继电保护及二次回路检验 .....               | 220        |
| 第二节        | 电力变压器微机保护装置检验 .....             | 239        |
| 第三节        | 电力线路微机保护装置检验 .....              | 253        |
| 第四节        | 母线微机型保护装置检验 .....               | 267        |
| <b>第七章</b> | <b>电力继电保护故障处理方法及实例</b> .....    | <b>278</b> |
| 第一节        | 电力继电保护故障原因 .....                | 278        |
| 第二节        | 电力继电保护故障查找处理方法 .....            | 283        |
| 第三节        | 电力继电保护反事故措施 .....               | 288        |
| 第四节        | 微机保护装置的故障查找实例 .....             | 294        |
| <b>第八章</b> | <b>电力微机保护检验作业指导书</b> .....      | <b>302</b> |
| 第一节        | 6~35kV 电力线路微机保护检验作业指导书 .....    | 302        |
| 第二节        | 110~220kV 电力线路微机保护检验作业指导书 ..... | 306        |
| 第三节        | 电力变压器微机保护检验作业指导书 .....          | 312        |
| 第四节        | 电力母线微机保护检验作业指导书 .....           | 317        |
| 第五节        | 110~220kV 收发信机检验作业指导书 .....     | 321        |
| 第六节        | 110~220kV 微机故障录波器检验作业指导书 .....  | 325        |



# 第一章 电力微机保护装置组成

## 第一节 电力微机保护的发展及设计要求

### 一、电力系统继电保护技术的现状与发展

#### (一) 继电保护发展过程

电力系统的继电保护随着电子技术、计算机技术与通信技术的飞速发展，不断地注入了新的活力。继电保护技术在几十年的时间里得到了脱胎换骨的更新换代。

20 世纪 60 年代中期到 80 年代中期是晶体管继电保护蓬勃发展和广泛采用的时代。到 80 年代末集成电路保护已形成完整系列，逐渐取代晶体管保护。到 90 年代初集成电路保护的研制、生产、应用仍处于主导地位，这是集成电路保护时代。

我国从 20 世纪 70 年代末就已开始了计算机继电保护的研究，高等院校和科研院所起着先导的作用。在主设备保护方面，发电机失磁保护、发电机保护、变压器保护也相继通过鉴定，投入运行。微机相电压补偿方向高频保护、正序故障分量方向高频保护也相继通过鉴定。至此，不同原理、不同机型的微机线路和主设备保护各具特色，为电力系统提供了一批新一代性能优良、功能齐全、工作可靠的继电保护装置。随着微机保护装置的研究，在微机保护软件算法等方面也取得了很多理论成果。

进入 21 世纪，随着全国电网大规模的改造建设，微机保护得到突飞猛进的发展和运用，基本上占领了整个电力系统。

#### (二) 继电保护的发展趋势

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

##### 1. 计算机化

随着计算机硬件的迅猛发展，微机保护硬件也在不断发展。微机线路保护硬件已经历了 3 个发展阶段：从 8 位单 CPU 结构的微机保护到多 CPU 结构，后又发展到大模块结构，性能大大提高，得到了广泛应用。从单 CPU 到多 CPU，从 8 位微处理机到 16 位再到 32 位微处理机的发展历程，说明了电力系统对微机保护的要求不断提高，除了保护的基本功能外，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、信息和网络资料的能力，高级语言编程等。这就要求微机保护装置具有相当于一台 PC 机的功能。现在，同微机保护装置大小相似的工控机的功能、速度、存储容量大大超过了当年的小型机，因此，用成套工控机作为继电保护的时机已经成熟，这将是微机保护的发展方向之一。





## 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。它深刻影响着各个工业领域,也为各个工业领域提供了强有力的通信手段。实现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,即实现微机保护装置的网络化。这在当前的技术条件下是完全可能的。

对于一般的非系统保护,实现保护装置的计算机联网也有很大的好处。继电保护装置能够得到的系统故障信息愈多,则对故障性质、故障位置的判断和故障距离的检测愈准确。对适应保护原理的研究已经过很长的时间,也取得了一定的成果,但要真正实现保护对系统运行方式和故障状态的自适应,必须获得更多的系统运行和故障信息,只有实现保护的计算机网络化,才能做到这一点。

微机保护装置网络化可大大提高保护性能和可靠性,这是微机保护发展的必然趋势。

## 3. 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,保护装置实际上就是一台高性能、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和数据,也可将它所获得的被保护元件的任何信息和数据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完成继电保护功能,而且在无故障正常运行情况下还可完成测量、控制、数据通信功能,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、线路等的二次电压、电流都必须用控制电缆引到主控室。所敷设的大量控制电缆不但要大量投资,而且使二次回路非常复杂。但是如果将上述的保护、控制、测量、数据通信一体化的计算机装置,就地安装在室外变电站的被保护设备旁,将被保护设备的电压、电流量在此装置内转换成数字量后,通过计算机网络送至主控室,则可免除大量的控制电缆。如果用光纤作为网络的传输介质,还可免除电磁干扰。现在光电流互感器(OTA)和光电压互感器(OTV)已在研究试验阶段,将来必然在电力系统中得到应用。在采用OTA和OTV的情况下,保护装置应放在距OTA和OTV最近的地方,即放在被保护设备附近。OTA和OTV的光信号输入到此一体化装置中并转换成电信号后,一方面用做保护的计算判断;另一方面作为测量,通过网络送到主控室。从主控室通过网络可将对被保护设备的操作控制命令送到此一体化装置,由此一体化装置执行断路器的操作。

## 4. 智能化

人工智能技术如神经网络、遗传算法、数据融合技术、小波变换、免疫理论、进化规划、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的方法,很多难以列出方程式或难以求解的复杂的非线性问题,应用神经网络方法则可迎刃而解。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。其他如遗传算法、进化规划等也都有其独特的求解复杂问题的能力。将这些人工智能方法适当结合可使求解速度更快。



## 二、微机保护装置的特点

过去使用继电保护装置,调试工作量大,尤其是一些复杂的保护,调试一套保护装置常常需要较长的时间。这类保护装置是布线逻辑,保护的每一种功能都由相应的器件和连线来实现。为确保保护装置完好,需要把所具备的各种功能通过模拟试验来校核一遍。微机保护的硬件是一台计算机,各种复杂的功能是由相应的程序来实现。微机保护只做几种简单操作的硬件,配以程序,把许多简单操作组合而完成各种复杂功能的。因而只要用简单的操作就可以检验微机的硬件是否完好。同时,微机保护装置具有自诊断功能,对硬件各部分和存放在 EPROM 中的程序不断进行自动检测,一旦发现异常就会报警。通常只要接通电源后没有报警,就可确认装置是完好的,从而大大减轻运行维护的工作量。

计算机在程序指挥下,有综合分析和判断能力,而微机保护装置可以实现常规保护很难办到的自动纠错,自动地识别和排除干扰,防止由于干扰而造成误动作。另外微机继电保护装置有自诊断能力,能够自动检测出计算机本身硬件的异常部分,配合多重化可以有效地防止拒动,因此可靠性很高。

使用微型计算机可以在系统发生故障后提供多种信息。如保护各个部分的动作顺序和动作记录,故障类型和相别及故障前后电压和电流的波形记录等,还可以提供故障点到保护安装处的距离。这样有助于运行部门对事故的分析处理。

由于微机保护的特性主要由程序决定,所以不同原理的保护可以采用通用的硬件,只要改变程序就可以改变保护的特性和功能,因此可灵活地适应电力系统运行方式的变化。

采用微型计算机构成保护,使原有型式的继电保护装置中存在的技术问题,可以找到新的解决办法。如对距离保护如何区分振荡和短路,如何识别变压器差动保护励磁涌流和内部故障等问题,都提供了许多新的原理和解决方法。

### 1. 精度高

传统的电磁型保护是经过电—磁—力—机械运行的多次转换而构成的,由于其转换环节多,加之机构构件的精度维护和调试经验和误差影响大,因而准确度低;晶体管保护的元件参数分散性大,动作特性易改变,降低其准确度;而微机保护,由于其综合判断环节采用微型计算机的软件来完成,其精度高,加之其动作功耗低,因而保护装置灵敏度高。

### 2. 可以缩短新型保护的研制时间

微机保护装置是由软件和硬件结合来实现保护功能的,因而在很大程度上,不同原理的微机保护的硬件可以是一样的,换以不同的程序即可改变继电器的功能。

### 3. 可靠性高

微机保护装置可以在线实时对硬件电路的各个环节进行自检,多微机系统还可实现互检,利用软件和硬件结合,可有效地防止干扰造成的微机保护不正确动作。而且微机保护装置体积小,占地面积少,价格低,同一设备采用完全双重化的微机保护,使其可靠性得到保证。

鉴于计算机软件计算的实时性特点,微机保护装置能保证在任何时刻均不断迅速地采样计算,反复准确地校核。在电力系统发生故障的暂态时期内,就能正确判断故障,如果故障发生了变化或进一步发展也能及时做出判断和自纠。如在保护延时动作或重合闸延时的过程中都能监视系统故障的变化,因此微机保护的动作正确率很高。



#### 4. 调试、维护方便

传统的保护装置的调试工作量大，其调试项目多，周期长，且难于保证调试质量。微机保护则不同，它的保护功能及特性都是由软件实现的，只要微机保护的硬件电路完好，保护的特性即可得到保证。调试人员只需做几项简单的操作，即可证明装置的完好性。此外，微机保护的整定值都是以数字量存放于程序存储器中，因此不需要定期对定值再进行调试。

#### 5. 易获取附加功能

应用微型计算机，在系统发生故障后，微机保护装置除了完成保护任务外，还可以提供多种信息。例如在微机保护装置中，可以很方便地附加自动重合闸、故障录波、故障测距等自动装置的功能。

#### 6. 易于实现综合自动化

由于微机保护结构的灵活性，其保护算法的模块化，使得微机保护作为监控管理对象之一很容易实现，从而便于实现整个变电站综合自动化。

#### 7. 其他方面

(1) 保护性能容易得到改善。由于计算机软件可方便改写的特点，保护的性能可以通过研究许多新的保护原理来得到改善。而且许多现代新原理的算法，在常规保护中是很难或根本不可能用硬件来实现的。

(2) 使用灵活、方便。目前微机保护装置的人机界面做得越来越好，也越来越简单方便。例如中文化界面、微机保护的查询、整定更改及运行方式变化等等都十分灵活方便，受到现场继电保护工作人员的普遍欢迎。可方便、迅速地进行定值整定、修改和固化，可不同时存放多组定值。当运行方式变化时，可方便地选择相应定值。

(3) 有实时时钟，能记录故障信息，具有录波测距功能，便于事故分析。

(4) 人机界面实用、方便。特别是采用多功能中文显示后，使用更易推广。

(5) 体积小，功耗低，功能全而且配置灵活。

(6) 可方便地通过计算机接口与厂、站或控制中心的计算机系统通信。微机保护是实现变电所综合自动化必不可少的重要组成部分。

#### 8. 微机保护优点

从微机继电保护出现以来，人们都不断对它的发展前途和优缺点等作出过评述和估计。微机保护的优点如下：

(1) 程序具有自适应性，可按系统运行状态而自动改变整定值的特性。

(2) 有可存取的存储器。

(3) 在现场可灵活地改变继电器的特性。

(4) 可以使保护性能得到更大的改进。

(5) 有自检能力。

(6) 有利于事故后分析。

(7) 可与计算机交换信息。

(8) 可增加硬件的功能。

(9) 可在低功率传变机构内工作。



### 9. 微机保护缺点

- (1) 与传统的保护有根本性的背离。
- (2) 使用者较难维护。
- (3) 要求硬件和软件有高度可靠性。
- (4) 硬件很快过时。
- (5) 在操纵和维护过程中，使用人员较难掌握。

利用计算机的记忆能力，可以方便地获取故障分量并保持较长时间且有较好的准确性。而在模拟式保护装置，其记忆时间主要靠电感、电容元件的“惯性”来实现存储的，而这些“惯性的存储”是随时间而衰减的，因此要定量地利用所记忆的电量来准确地获取故障分量是不容易的。

利用计算机的强有力的运算能力，可以将自动控制理论的一些成果引入继电保护，如自适应控制、随机控制以及模糊控制等。由于这些理论的应用，可以使继电保护的動作特性得到一些根本上改进。

### 三、电力微机保护装置组成

微机保护利用高速、可靠和先进的数据采样系统，配合各种计算机保护算法，实现不同的继电保护功能。微机保护的主要部分是计算机本体，它被用来分析计算电力系统的有关电量和判定系统是否发生故障，然后决定是否发出跳闸信号。因此，除计算机本体外，还必须配备自电力系统向计算机输入有关信息的输入接口部分和计算机向电力系统输出控制信息的输出接口部分。此外，计算机还要输入有关计算和操作程序，输出记录的信息，以供运行人员分析事故，即人机联系部分。图 1-1 是微机保护框图。

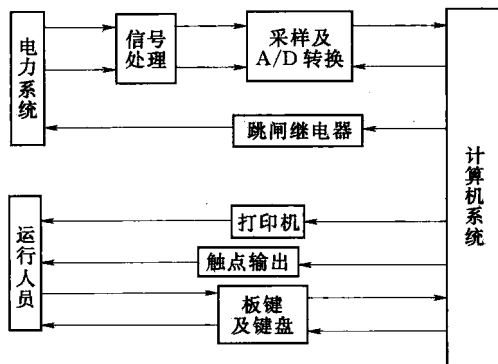


图 1-1 微机保护框图

微机保护主要部分采用了数字信息处理技术，即将常规保护连续的模拟量处理方法量化为一种离散的数字式的处理方法。微机保护的基本结构也是围绕着信息处理流程展开的，其一般工作程序如图 1-2 所示。

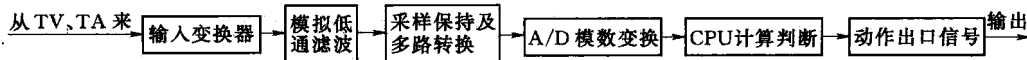


图 1-2 微机保护的一般工作程序

不同的微机保护装置具有不同的程序流程图，图 1-3 是微机保护的简单程序框图。

### 四、微机保护的设计要求

#### 1. 功能的要求

新型继电保护的综合作用越来越强，可靠性和精度越来越高，人机界面要求简单明



了,通信、测试的功能要求方便、可靠。结构设计既要满足和保证产品的功能要求,同时结构的外型设计又要充分体现产品的高科技、高可靠性和高精度。

## 2. 工作环境的要求

保护产品的应用逐渐向综合自动化方面发展,为适应无人值守变电站的要求,有些低压保护要直接就地安装于开关柜上。这就要求保护装置向高可靠性以及智能化方向发展,而且要适应各种不同环境的要求。开关柜的使用环境比保护控制室的环境要恶劣得多,首先温度变化较大,夏天的温度可高达 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ ,而冬天温度又较低;其次湿度也千差万别,沿海和南方地区湿度较高,沿海还有盐雾的侵蚀。目前国内开关柜密封性能都不好,灰尘也较大,开关柜本身的运行对继电保护装置影响也较大,开关柜中各种开关的分、合,各种继电器的动作,会产生许多电磁干扰和较强的静电场,同时还会产生一定的振动和冲击。这种环境要求保护装置具有耐高低温的能力,外壳设计防护等级要高,密封性要好,整个外壳要有三防要求,装置的抗振动和抗冲击能力要强,具有较好电磁兼容和抗静电能力的设计等。

## 3. 电磁兼容(EMC)的要求

电磁兼容(EMC)简单地说是一个产品在电磁环境中既不受外来干扰,也不向外发射干扰电磁波的能力。它包括抗干扰(设备抗电磁干扰的能力)和电磁发射控制(设备本身发射电磁能量的控制)两个方面。随着电子技术的快速发展,电磁干扰源越来越多,使得EMC成为

制约产品和系统性能的重要因素,也普遍引起各个方面的高度重视。继电保护产品国际电工委员会已经发布了与EMC有关的四项标准:

IEC 255-22-1 1MHz 脉冲干扰试验

IEC 255-22-2 静电放电干扰试验

IEC 255-22-3 辐射电磁场干扰试验

IEC 255-22-4 快速瞬变干扰试验

要达到这些标准,产品的电磁兼容设计是不可缺少的,产品的电磁兼容(EMC)设计就是抵御干扰和控制发射。就结构设计来说,实际上就是电磁屏蔽设计。结构屏蔽设计一般包括选择屏蔽材料、结构形式和接地三个方面。

(1) 电磁屏蔽主要利用金属表面的反射和金属层内的吸收来抑制电磁辐射干扰。

(2) 金属体应尽量封闭,连接缝隙处采用包绕迷宫式,必要时加专用的屏蔽衬垫及屏蔽接触簧片。散热孔应采用小圆孔和小方孔,窄长孔和长缝隙泄漏严重。

(3) 在电子设备中,接地是电磁屏蔽的重要方法。正确合理的接地能大大提高屏蔽效能,而且能消除静电感应,同时能起到静电屏蔽的作用。

## 4. 新技术新材料的应用

科技的发展,尤其电子技术日新月异的进行,给保护装置及其结构设计带来了新的机遇。如电子线路的微型化、电源功率的高效率化、实现功能的低功耗化,这些技术的应用,都为装置功能的强大、结构紧凑和美观开辟了新的途径。

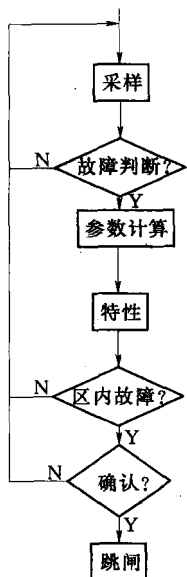


图 1-3 微机  
保护程序图



另外,机械加工技术的进步,新工艺、新材料的应用也给结构设计带来了广阔的可操作空间。合理的选用新器件和新材料,积极应用新工艺,不仅是丰富造型与色彩表现,体现产品时代感的有力手段,更是提高整机可靠性和宜人性的重要手段。

工业设计从人机工程、造型原理、色彩配制等方面对继电保护产品结构设计起指导作用。如保护装置的面板设计就要考虑人机界在的宜人性,要符合人的生理特征,且在长期观察与操作中不至于使操作者容易疲劳和产生误操作等。另一方面,产品造型给予观赏者的感情影响是形、色、质三大要素的综合。在继电保护产品的形、色与质的处理上要充分体现数字化时代高科技产品的时代感和高可靠性。

### 5. 密封和散热

密封和散热是一对矛盾,但随着科学技术的发展,元器件的功耗越来越小,电源效率不断提高,继电保护中散热的矛盾也不是很突出,而密封(防护等级)的要求却越来越高,这在结构设计中要引起足够的重视。

散热一般可以有几种设计解决方案:

- (1) 冷板热管设计。
- (2) 机柜内置空调。
- (3) 通风风道设计。

密封的技术要求,国际电工委员会和国标都制定了相应标准——防护等级(IP)。发达国家的继电保护装置防护等级能做到 IP54,甚至 IP65,也就是能够做到防尘、防溅水,甚至达到尘密和防喷水。数字式继电保护装置也要做到高防护等级,以满足继电保护高可靠性的要求。

## 第二节 电力微机保护装置硬件

### 一、微机保护系统

微机保护的基本系统如图 1-4 所示。包含以下几部分:

(1) 数据采集单元:即模拟量输入系统,它将模拟输入量转换为所需的数字量。在图 1-4 (a) 中包括辅助变换器(即电压采集器)、低通滤波器(ALF)、采样/保持器(S/H)、多路开关(MPX)以及模/数(A/D)变换器等功能器件。在图 1-4 (b) 中包括变换器、压频变换器(VFC)、计数器等器件。

(2) 数据处理单元:即微机主系统(CPU 主系统),它将数据采集单元输出的数据进行分析处理,完成各种继电保护功能。它包括微处理器(MPU)、只读存储器(EPROM 和 E<sup>2</sup>PROM)、随机存取存储器(RAM)、时钟(CLOCK)等器件。

(3) 开关量输入/输出系统:完成各种保护的出口跳闸、信号显示、打印、报警、外部触点输入及人机对话等功能。它由多种输入/输出接口芯片(PIO 或 PIA)、光电隔离器、有触点中间继电器等组成。

(4) 通信接口:在纵联保护中,与线路对端保护交换各种信息。或在与中调联络中,将保护各种信息传送到中调,或接受中调的查询及远方修改定值。它由输入/输出串行接口芯片构成。

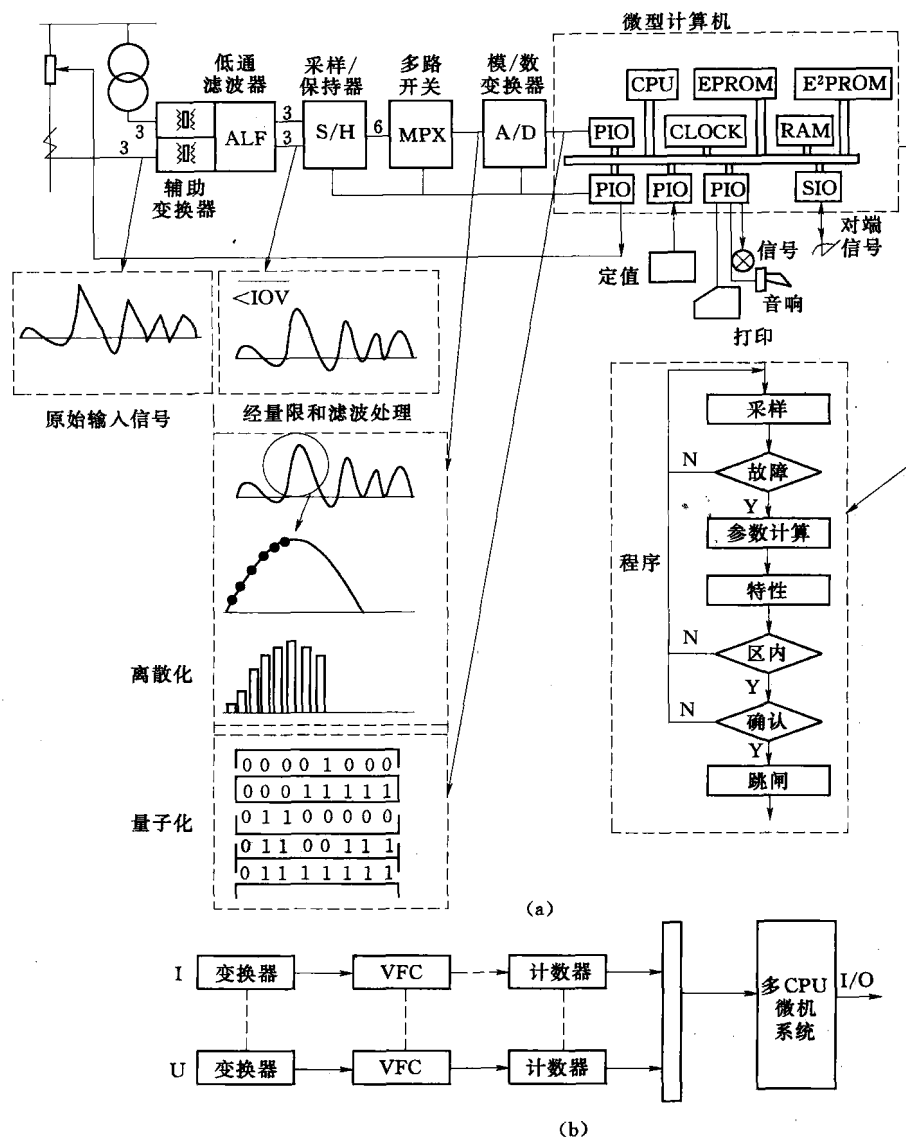


图 1-4 微机保护的基本系统

(a) 采用模/数变换器；(b) 采用压频变换器

图 1-4 (a) 与 (b) 的不同，前者采用 A/D (模/数) 变换器，后者采用压频变换器 (VFC)。目前元件保护多采用前者，线路保护多采用后者。

(5) 电源部分：微机保护系统对电源要求较高，通常采用逆变电源，即将直流逆变为交流，再把交流整流为微机系统所需的直流电压。它把变电所的强电系统的直流电源与微机的弱电系统电源完全隔离开。通过逆变后的直流电源具有极强的抗干扰水平，对来自变电所中因断路器跳合闸等原因产生的强干扰可以完全消除。

微机保护装置均按模块化设计，也就是说对于成套的微机保护、各种线路和元件的保





护，都是用上述五个部分的模块化电路组成的。所不同的是软件系统及硬件模块化的组合与数量不同。不同的保护用不同的软件来实现，不同的使用场合按不同的模块化组合方式构成。这样的成套微机保护装置，对于设计、运行及维护、调试人员都带来了极大方便。

现在将每个单元予以简介。

## 二、辅助变换器

辅助变换器的作用是将电压或电流变换成满足 A/D（模/数）变换器量程要求的电压。通常采用的都是电磁感应原理的变换器，以便在电气上将电力系统与数据采集系统相隔离，兼有安全隔离的作用。电力系统的过电压往往对数据采集系统有干扰作用，所以在这一环节也要采取一定的过电压防护措施和干扰抑制措施。

对于超高压线路保护，为了消除直流分量对保护算法的影响，电流回路往往选用中间电抗互感器，但电抗互感器对高频分量有放大作用，需用滤波器或算法消除之。

对于低压系统，直流分量影响小，谐波影响大，一般采用电流互感器。

## 三、低通滤波器

微机保护中所以要用低通滤波器完全是因为要满足采样定理的要求，并必须在尚未变换为数字量之前用模拟式的滤波器来完成滤除模拟信号的高频成分，而且被滤除的高频成分的截频应低于采样频率的一半。这是为了保证用离散信息能真实地表达连续量的需要，否则会因频域的折叠现象引起频混而产生波形上的误差。这个滤波环节对数字保护是不可缺少的，同时也不能在数字化后用软件的低通数字滤波器来代替。

## 四、采样/保持器

微机保护中的采样/保持器有两方面的作用，首先是为了保证在 A/D 变换过程中输入模拟量保持不变；其次是由于在微机保护中要保证各模拟量的相位关系经过采样后保持不变，各通道必须同步采样。由于 A/D 变换器价格昂贵，一般微机保护都采取多路通道共用一片 A/D 变换器，在每路通道各用一个 S/H 芯片在同一时刻对各路模拟量进行采样并保持下来，然后通过多路开关 MPX 依序将各 S/H 采样/保持的模拟量由 A/D 变换为数字量供 CPU 处理。

采样/保持器何时采样何时保持是受来自微机的控制信号的控制。

采样/保持器的工作原理，可用图 1-5 来说明，常用 LF-398 芯片来实现。

电路主要由两只高性能的运算放大器 A1、A2 构成的跟随器组成，其中 A2 是典型的跟随器接法，其反相端直接与输出端相连。由于运算放大器的开环放大倍数极高，两个输入端之间的电位差实际上为零，所以输出端对地电压能跟踪上输入端对地电压，也就是保持电容 C 两端的电压。A1 的接法和 A2 实质相同，在采样状态（S 接通时）其反相输入

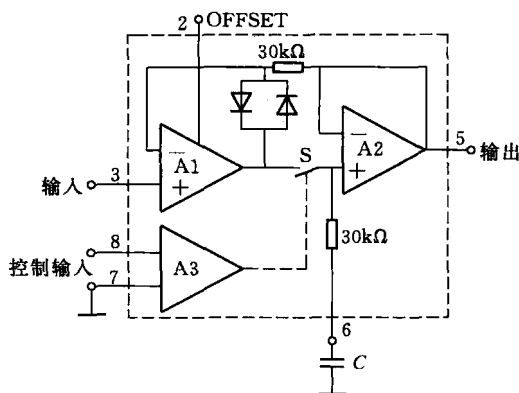


图 1-5 LF-398 芯片基本结构原理图



端从输出端经电阻  $R$  获得负反馈, 使输出跟踪输入电压。在  $S$  断开后的保持阶段,  $A2$  的输出电压不再变化, 但模拟量输入却仍在变化,  $A1$  不再能从  $A2$  的输出端获得负反馈, 为此在  $A1$  的输出端和反相输入端之间跨接了两个反向并联的二极管, 配合电阻  $R$  起到隔离第二级输出与第一级的联系, 而直接从  $A1$  的输出端经过二极管获得负反馈, 以防止  $A1$  进入饱和区。

跟踪器的输入阻抗很高 (达  $10^{10} \Omega$ ), 输出阻抗很低 (最大  $6 \Omega$ ), 因而  $A1$  对输入信号  $U_{SR}$  来说是高阻, 而在采样状态时对电容  $C$  为低阻充放电, 故可快速采样。又由于  $A2$  的缓冲和隔离作用使电路有较好的保持性能。

$S$  为场效应晶体管模拟开关, 由运算放大器  $A3$  驱动。 $A3$  的逻辑输入端由外部电路 (通常可由定时器) 按一定时序控制, 进而控制着  $C$  处于采样或保持状态。

图 1-5 中的端子 2 用于调零。实际上零漂很小, 在要求不是特别高的情况下, 可将端子 2 开路。

图 1-5 中保持电容  $C$  要外接, 要选用低漏电、低吸收介质制成的电容器, 一般选用  $C=0.01 \mu F$ 。

LF-398 芯片的采样时间小于  $10 \mu s$ , 精度  $0.002\% \sim 0.01\%$ 。

## 五、多路开关

A/D 变换器是数据采集系统中最贵的, 出于经济的考虑, 用多路开关将多路模拟电压分时地切换到 A/D 变换器上进行 A/D 变换。

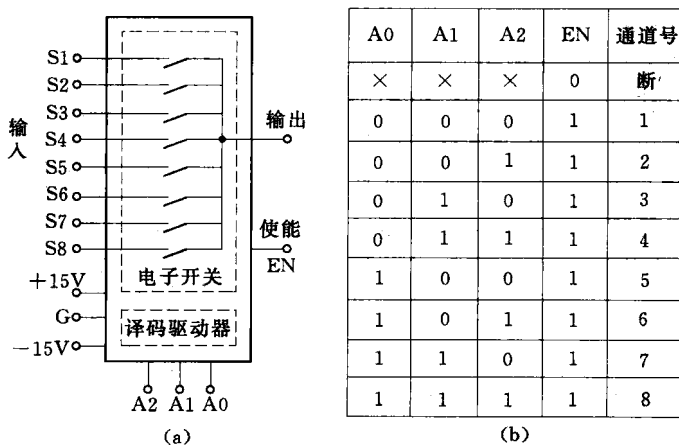


图 1-6 AD7501 原理图及真值表  
(a) 原理图; (b) 真值表

常用的多路开关有 AD7501 (8 通道)、AD7506 (16 通道)。图 1-6 是 AD7501 的原理示意图及真值表, 现就该图说明多路开关的原理。

多路开关实际上就是电子式的单刀多投开关。根据译码驱动器的控制, 每次只有一路输入量被接通。译码器的真值表如图 1-6 (b) 所示。当使能端子 (EN) 低电位 0 时, 不管  $A0$ 、 $A1$ 、 $A2$  在任何电位, 8 个开关都是断开的, 只有当 EN 端子为高电位 1 时, 电