



高等学校教材

变电站微机检测与控制

华中理工大学 孙淑信 编



高等学校教材

变电站微机检测与控制

华中理工大学 孙淑信 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书共分四章, 比较全面地介绍微机在变电站检测与控制中的应用情况。其中包括中小型(35~110kV)变电站微机监控系统的结构和各种信息的采集与处理; 大中型(220~500kV)变电站微机综合监控系统, 并着重介绍我国四大电网引进的 $\mu 4F$ -RTU的基本原理和结构; 在变电站的微机控制方面, 主要介绍变压器分接头和补偿电容器的自动控制、低频减载、静止补偿器控制、直流阀控制以及暂态稳定控制等方面国内外应用微机的现状和发展趋势。

本书为高等院校“电力系统及其自动化”专业的选修课教材, 也可供研究生或从事电力系统运行与控制 and 微机应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

变电站微机检测与控制/孙淑信编. -北京: 中国电力出版社, 1995.5 (1998重印)
高等学校教材
ISBN 7-80125-443-0

I. 变… II. 孙… III. ①微型计算机-计算机应用-变电所-检测-高等学校-教材 ②微型计算机-计算机应用-变电所-自动控制-高等学校-教材 IV. TM63

中国电力出版社出版

(北京三里河路6号 邮政编码100044)

新华出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1995年5月第一版 1998年3月北京第二次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 8印张 178千字

印数 3561—5600册 定价 7.60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

变电站是电力系统的重要组成部分，它担负着电能的传输、分配和电压变换的重要任务。变电站的工作状态与电力系统的运行情况息息相关。提高变电站的自动化水平，对保证电力系统安全、稳定和经济运行具有重要的实际意义。

微机用于变电站的检测与控制是提高变电站自动化水平的主要途径。由于微机具有一系列优点，因此应用范围十分广泛。从数据采集与处理、故障检测与识别，到正常和故障情况下的保护与控制等，都可以借助微机而得以实现。微机的应用虽然只有短短的十几年时间，但却已发挥了重要的作用，显示出了巨大的潜力，因而受到普遍的重视。

本书是在参阅、整理国内外大量文献资料和编者多年从事微机原理与应用的教学、科研实践经验的基础上编写而成的。选材注意了理论联系实际、先进性、系统性和实用性。

本书是根据能源部高等学校电力工程类专业教学委员会发电厂教学小组1989年扩大会议制订的教材计划编写的。本书由重庆大学秦翼鸿教授主审，他对本书提出了很多宝贵意见，编者谨表示衷心的感谢。

本书是高等院校“电力系统及其自动化”专业的选修课教材，也可供研究生及从事电力系统运行与控制 and 微机应用的工程技术人员参考。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1994年6月

目 录

前 言	
第一章 概述	1
第一节 引言	1
第二节 变电站的分类	1
第三节 变电站微机监控系统的基本功能和要求	2
第四节 微机在变电站的应用情况和展望	3
第五节 变电站微机监控系统的配置方式	4
第二章 中小型(35~110kV)变电站的微机监控系统	6
第一节 基本功能	6
第二节 硬件结构	8
第三节 各部分的功能和要求	8
第四节 各种信息的检测和处理	14
第五节 交流采样及其算法	21
第六节 接地故障检测	29
第七节 显示与打印	35
第八节 实时时钟	43
第九节 远动与通信	44
第十节 提高可靠性的措施	49
第十一节 程序设计	54
第三章 大中型变电站(220~500kV)的微机监控系统	58
第一节 主要特点和功能	58
第二节 国产的变电站微机综合自动化系统	58
第三节 引进的变电站计算机监控系统	61
第四节 $\mu 4F$ 远方终端	66
第五节 事件顺序记录	73
第六节 故障录波	74
第四章 变电站的微机控制	77
第一节 有载调压变压器分接头和补偿电容器的自动控制	77
第二节 低频减载	83
第三节 静止补偿器及其控制	89
第四节 直流阀控制	99
第五节 暂态稳定控制	102
参考文献	122

第一章 概 述

第一节 引 言

微型计算机(μc)是随着第四代电子计算机的出现而发展起来的,是主要采用大规模集成电路(LSCI)构成的新一代电子计算机,它是现代计算技术和大规模集成电路相结合的产物。它的出现,标志着电子计算机跨进了一个崭新的发展阶段。它把电子计算机从高楼深院里解放出来,使之成为各行各业都能应用的强有力的工具。如今,微机已不仅在科研、国防和工农业生产部门得到应用,而且在其他领域,如办公室自动化、业务管理、财政金融甚至家用电器、儿童玩具等方面,也有广泛的应用。许多传统的检测和控制装置一旦用上微机,就使它具有某些智能而面目一新,可以毫不夸张地说,微机的发展和应用是电子计算机发展的一个划时代的里程碑,它将越来越广泛和深入地应用到科研、生产和社会生活的各个领域,推动生产的发展,满足人们的各种需要,创造出越来越多的物质和精神财富。

为什么微机能够发展这么快,并广泛地应用于各个不同的领域呢?这主要因为它是一种能够进行高速数值运算和逻辑处理的通用工具,并且具有一系列的优点,如体积小、功能强、功耗低、灵活、可靠、对环境要求不高等;而更重要的是它的价格低廉,且逐年大幅度降价,使得各行各业甚至个人都买得起、用得上,这就使它具有更广泛的物质和群众基础,具有更强大的生命力。

电力工业是最早应用电子计算机的行业之一,几乎电子计算机刚一问世,就在电力部门获得应用。但在70年代以前,主要用于潮流、短路和稳定等方面的离线计算,而在检测、保护和控制等领域则几乎全是模拟(ANALOG)装置的一统天下。但是自从微机出现以后,状况就发生了根本性的变化。人们发现把微机用于实时检测和控制可以充分发挥微机的功能和优势,完成一些传统装置所无法完成的困难任务,所以微机的发展和应用给电力系统实时监控带来无限生机。在短短的十几年(1978~1994年)里,已经在数据的采集与处理、机组操作与控制、原动机与励磁控制、继电保护、稳定控制等方面获得了广泛的应用,并取得了明显的效益。

微机在变电站应用的发展相当迅速,尤其在微机监控与通信方面,随着调度自动化系统的发展,许多超高压变电站都装设了功能强大的RTU(REMOTE TERMINAL UNIT),并已从网调一级发展到了地调一级及更广泛的范围。可以预见,功能更强、更灵活可靠的新一代微机必将取代传统的检测与控制装置,这是发展的必然趋势。

第二节 变 电 站 的 分 类

变电站是电力系统的重要组成部分,可以按不同的方法对它进行分类。例如按它在系

统中的作用可分为升压变电站和降压变电站;按它的电压等级可以分为高压(35~220kV)变电站和超高压(330~500kV)变电站。由于我们的目的是研究微机的应用问题,所以根据变电站对微机监控系统的不同要求,我们把它分成以下两类。

一、35~110kV 变电站

这类变电站在系统中主要起分配电能的作用,一般称为二次变电站。它的高压侧电压为35~110kV,低压侧电压一般是10kV或35kV和10kV。它通过10kV线路直接把电能送给用户。35kV和10kV系统的中性点一般采用不接地或经消弧线圈接地的方式。这类变电站一般容量不大,属中小型变电站。

二、220~500kV 变电站

这类变电站称为一次变电站,它在系统中的地位十分重要,其中有一些是系统中的枢纽变电站。它的一次侧电压为220~500kV,二次侧电压为220kV或110kV。由于它在系统中地位的重要性,因此对微机监控系统不仅在容量和速度方面,而且在功能和可靠性等方面都有更高的要求。220~500kV系统的中性点均采用直接接地的方式。这种变电站容量较大,属大中型变电站。

必须指出,一般教科书中把220kV变电站划分为高压变电站,实际上它在系统中的地位和作用是比较重要的。从微机应用要求出发,它与超高压变电站比较接近,所以我们把它分为一类。当然这种划分不是绝对的,而仅仅是为了便于研究微机应用问题而加以划分的。

第三节 变电站微机监控系统的基本功能和要求

根据变电站在电力系统中的地位和作用,其微机监控系统有不同的功能。基本功能一般可分为检测与控制两个方面。在变电站的检测方面,主要进行模拟量、开关量、数字量(并行和串行)、脉冲量和非电量的采集与处理。这种数据采集又可分为稳态和暂态两种情况。稳态情况下采集模拟量相当于正常的监视和记录;而暂态情况下采集模拟量称为故障录波。暂态或故障情况下采集开关量,则称之为事件顺序记录。

在变电站的控制方面,微机可以进行开关的操作和控制、有载调压变压器分接头的自动调控和补偿电容器的自动投切、静止无功补偿器的控制、直流阀控制、低频减载以及系统的稳定控制等。

变电站对微机监控系统的要求是多方面的,在这里不可能一一列举。但就其主要方面来说,大致可以归纳成以下几点:

一、先进性

基本功能应能满足现场提出的检测、控制与通信的要求。在确定功能时要结合需要与可能两个方面,总的原则是在技术上容许的条件下力求达到先进水平(包括各项功能和技术经济指标)。要充分发挥微机的作用和潜力,但也不能把它当做万能的机器,要求它完成太多、太重的任务,结果使微机不能正常工作或故障率升高。

二、可靠性

对微机监控系统来说,可靠性是特别重要的。微机要能长期连续工作,要有较强的抗

干扰能力和自检自恢复功能。为了提高可靠性,要从硬件和软件两方面采取措施。在硬件方面要选择可靠性较高的工业控制机,要有一个合理的结构,尽量采用标准化的功能模块。对接口的可靠性要给予特别重视。实践表明,在微机系统的故障中接口的故障率是最高的。在软件方面也要有一个合理的结构,力求按模块化、结构化的要求设计程序。每台微机应配备有一定的备品备件,以便能及时进行维修。在可靠性要求特别高的场合,要采用双机或双重化系统。

三、实时性

微机监控系统对各种信息的采集和处理要满足实时性的要求,对现场各种状态变化要能及时响应。在控制方面,控制信号要能及时发出。为了达到上述要求,在硬件方面,要采用转换速度比较快的接口及比较完善的中断申请和优先排队电路,在软件方面,要尽量缩短处理和运算时间,采用汇编语言进行程序设计对提高实时性有明显作用;对任务进行合理安排和调度,使重要任务得到优先处理等也可提高实时性。

四、适应性

微机要能适应系统各种运行情况。当系统运行情况发生变化时,要求通过简单的开关操作或改变某些特征标志和整定值就能适应。

五、可扩充性

硬件配置要留有扩充的余地,软件要便于修改和增删,并具有一定的通用性。

六、可维护性

操作维护要求简单方便,要采用菜单提示,人机对话的工作方式。硬件结构要考虑到维护检修的方便性。

第四节 微机在变电站的应用情况和展望

变电站是电力系统中率先应用微机的部门之一。国外早在70年代后期,微机已广泛地应用于变电站的检测与控制,成为电力系统监视控制和数据采集系统(SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION SYSTEM,简称SCADA系统)或现代的能量管理系统(ENERGY MANAGEMENT SYSTEM,简称EMS系统)的重要组成部分。

80年代初,我国开始引进计算机监控系统^[1]。华中电网的几个500kV变电站,如姚孟、双河、凤凰山等变电站,早在1980年就引进了美、英等国生产的事件顺序记录、故障录波和故障测控器等。接着华北的房山、繁昌等变电站,华东的瓶窑等变电站,也先后引进美国IBM、GE、DEC等公司生产的SCADA系统。

东北电网的一些220kV变电站,如抚顺、锦州、鞍山、丹东、营口和朝阳等变电站,与有关单位协作也先后采用IBM PC/XT、86/310A、TP 86、长城0520等16位微机构成监控系统。

1986年水利电力部作出关于在我国四大电网中引进成套调度自动化系统的决定。作为变电站的远方终端(RTU),选用了英国西屋公司生产的WASDAS-32 μ 4F系统。目前四大电网已引进了几十套 μ 4F-RTU,装设在各主要的超高压变电站中。关于这种RTU

的情况,将在第三章中重点加以介绍。

35~110kV变电站的情况有所不同。在我国最早采用微机的是1982年由南京自动化研究所研制的郑州供电局西沙口变电站的微机三遥(遥测、遥信、遥控)系统,主机是MC 6800单板机,绝大部分接口都是自行研制的。1983年辽宁铁岭电业局在铁岭220kV一次变电站投入一套用TRS-80微机构成的监控系统^[2]。1986年华中工学院与湖北农电局协作,在湖北省通山县楠林变电站用TMC-80A工业控制微机和TP-801单板机构成变电站检测与保护系统^[3],首次在国内变电站检测与保护中全部实现微机化。接着又在湖北省江陵县滩桥变电站投入另一套微机监控系统,该系统采用直接采集交流数据和脉冲电度表。1987年清华大学在山东威海望岛变电站投入一套微机监控系统。1988年华中理工大学与阿城继电器研究所合作,采用FYI工业控制机和TP-801单板机构成的变电站监控与保护系统,在广东恩平县洪濬变电站投入运行。

在变电站微机控制方面,1985年9月由清华大学研制并在北京大郊亭变电站投入一套变电站电压和无功补偿的微机控制装置^[25],该装置采用TP-801单板机,具有控制显示和报警等功能。1990年华中理工大学与江西省萍乡供电局合作,研制了一套有载调压变压器分接头和补偿电容器组综合自动控制装置^[24],该装置采用STD总线结构的工业控制微机,除了控制功能之外,还具有运行监视、保护、报警、动作统计、显示和打印等多种功能。该装置已于1991年在萍乡供电局220kV跑马坪变电站投入运行,对提高变电站的电压质量和运行水平起到了良好的作用。

还有其他许多科研和电力部门也做了大量的工作,取得了很大的进展。

从上述情况可以得出以下几点看法:

(1) 220~500kV变电站的微机监控系统主要以引进的微机为主。在今后一段时期内,将以四大电网引进的 $\mu 4F$ RTU为主要机型。由于南京自动化设备厂已能成批生产这种RTU,所以今后将会得到更广泛的推广和应用。同时,IBM PC/XT、TP 86、86/310A、长城0520等机型也会继续得到应用。

(2) 35~110kV变电站将主要以自行设计的8位微机为主。其中以Z80CPU构成的工业控制机的应用最广泛,其他的也有少量应用,如6502、8085机型等。

(3) 由于STD总线具有一系列优点,以STD总线为基础构成的工业控制系统,今后将会获得广泛的推广和应用。

(4) 以IBM-PC、286、386、486及其兼容机构成的监控系统,也将在变电站中得到应用。

第五节 变电站微机监控系统的配置方式

变电站微机监控系统一般有以下两种基本的配置方式:

(1) 单机系统;

(2) 多机系统。

所谓单机系统,是指变电站监控系统的全部功能,包括数据采集与处理、显示、打印、

报警等，采用一台微机（系统机）来完成。这种配置方式的优点是系统结构简单，造价比较低；缺点是容量有限，检测量太多时响应速度将受到影响，而且工作的可靠性较差。由于只有一台微机工作，如果需要停下来检修或调试时，将会影响整个系统的正常工作，所以必须有一些必要的常规仪表和设备作为备用，才不致影响变电站的连续运行。因此，单机系统主要用于对可靠性要求不十分高的中、小型变电站中。

当系统比较复杂或者对可靠性要求比较高时，就应考虑采用多机系统。

多机系统也有两种配置方式。一种配置方式是采用两台主机，一台工作另一台处于热备用状态，当一台退出时另一台立即投入。这种系统的可靠性很高，能保证不间断地连续工作。

多机系统的另一种配置方式是采用一台（或两台）主机和若干台前置机，由前置机负责数据采集和通信联络等工作，收集到的信息经初步处理后向主机传送。至于显示、打印、人机联系等功能，则由主机统一指挥和调度。这种系统一般称为分布式多机系统。

前置机的CPU可以采用通用的8位芯片，如8080、8085、Z80、6800等；也可以采用8位或16位的单片机，如8031、8051、8096、8097、8098等。后一种配置功能更强，投资较低，是一种很有发展前途的配置方式。

分布式多机系统的主要优点是功能强、容量大、灵活、可靠、便于维护和扩充；它可以根据实际情况灵活增减前置机的数量，以满足现场的不同需要；而且由于主机可以采用高级语言编程，因此比较容易实现更复杂的功能和运算；还可以充分利用主机丰富的软件资源，这对加速软件研制有重要意义。

这种系统的主要问题是硬件扩充工作量比较大。因为目前多机系统还处在发展阶段，硬件接口还不太丰富；同时由于系统规模比较庞大，需要更多的投资，因此，主要用于比较重要的大中型变电站中。

第二章 中小型(35~110kV)变电站 的微机监控系统 [2,3]

35~110kV 变电站在电力系统中一般属于中小型的降压变电站,它的主要任务是直接把电能传送给用户。这种变电站典型的接线方式是110kV(或35kV)侧有1~2回进线,有两台双绕组或三绕组变压器;10kV侧采用单母线或单母线分段,有6~20回馈电线,在农村地区10kV馈电线一般采用架空线,在城市里则有架空线也有电缆;10kV系统中性点一般采用不接地或经消弧线圈接地。

这种变电站从技术经济考虑,微机监控系统一般采用一台8位工业控制微机构成。只有个别容量较大、出线较多的变电站,才考虑采用16位微机。

第一节 基 本 功 能

变电站微机监控系统的基本功能主要取决于实际的需要和技术上的可能性,同时还要考虑到经济上的合理性。根据目前微机技术的发展水平,结合我国的实际情况,变电站微机监控系统的基本功能有以下几点。

一、数据采集与处理

(一) 模拟量

包括交流电压、交流电流、有功功率、无功功率、直流电压和直流电流等。

(二) 开关量

包括断路器、隔离开关、保护继电器的触点及其他开关的状态。

(三) 数字量

包括BCD码仪表及其他数字仪表的测量值,并行和串行输入输出的数据等。

(四) 脉冲量

包括系统频率转换的脉冲及脉冲电度表发出的脉冲等。

(五) 非电量

包括变压器油温、空气开关气体压力等。

二、屏幕显示

通过屏幕显示,值班人员可以随时了解变电站的运行情况,因此要求能显示变电站的主接线图。在画面上显示各个开关的运行状态以及功率潮流、电压、电流和系统频率等。同时还要求能显示各种表格和曲线,如电压和负荷曲线等,这种显示要求能不断刷新。遇到发生故障时,能及时推出故障画面或显示与故障有关的信息,帮助运行人员尽快找出故障原因。

屏幕显示还是人机联系的重要手段之一。当需要输入或修改某些参数和进行某项运行

操作时，可通过键盘操作配合屏幕显示来完成。如当要修改电度量初值或校准实时时钟时，就可通过键盘操作和屏幕显示来进行。

屏幕显示除了用ASCII码之外，还要求能用汉字显示一些线路名称和其他有关信息。

三、打印

屏幕显示是暂时性的，它的优点是快速灵活和容易更新，但它不能长期保存信息。打印虽然速度比较慢，但却可长期保存信息。因此，显示与打印对监控系统来说是两种不可缺少的互补措施。为了把运行情况记录下来，要求能打印各种报表和曲线，如运行日报表、负荷和电压曲线、主接线图和各种开关状态等。当系统发生故障时，能及时将故障的信息、开关动作的顺序及时间打印出来，供运行人员事后分析研究。

打印有定时和召唤（或随机）两种方式。一般要求每小时（或两小时）打印一张运行报表，一天打印一次负荷和电压曲线。系统发生故障后，立即打印有关信息。运行人员召唤应能随时打印指定内容。

打印机除了打印ASCII码之外，同样要求能打印汉字。

四、越限报警

运行中如发生异常情况，如过负荷、油温升高、过电压或低电压等，要能及时发出声光警报，并显示和打印越限的参数和时间。

五、故障检测

中性点不接地系统出现单相接地故障、直流系统接地故障及电压互感器保险熔断等，应能及时检测出来并自动报警。

六、开关操作及防误

变电站的开关可以通过微机的键盘进行操作，也可以采用常规的控制开关进行操作。一般来说，前者主要用于遥控操作，而后者则主要用于就地操作。在进行遥控操作时，控制信号需要通过微机才能发出，采用键盘操作是理所当然的；而就地操作就不一定要通过微机的键盘，因此合理地选择控制方式是十分重要的。

为了保证人身和设备的安全，变电站的开关设备必须满足一定条件才容许进行操作。利用微机对操作过程进行监视，可以防止发生某些误操作，这对于保证安全运行具有重要的作用。不管是遥控操作或者是就地操作，微机都可以发挥积极的监督作用。

七、控制功能

控制功能包括有载调压变压器分接头和补偿电容器组的自动控制、低频减载等。

八、远动与通信

变电站微机监控系统采集到的数据，一般需要向调度所传送，因此必须配置相应的接口和通道，以便及时向调度端传送数据，并接收调度端发出的命令。

如果变电站中有多台微机同时工作，则各台微机之间也需要相互通信。通信有并行和串行两种方式。一般近距离采用并行方式，远距离则必须采用串行方式。

九、实时时钟

微机监控系统必须有一个实时时钟，以便给各种操作提供定时，同时对随机发生的各种事件给出时标，以便输出打印。

必须指出, 以上列举的各项功能不是每个变电站的微机监控系统都必须具备的。根据不同的具体情况和要求, 通过技术经济分析才能合理加以确定。

第二节 硬 件 结 构

为了实现上一节提出来的各项功能, 变电站微机监控系统一般应配备以下一些设备和接口 (以单机系统为例):

- (1) 中央处理单元(CPU);
- (2) 内存(ROM和RAM);
- (3) 外存(磁盘及其驱动器或磁带机接口);
- (4) 键盘(Key Board)及其接口电路;
- (5) 显示器(CRT)及其接口电路;
- (6) 打印机(Printer)及其接口电路;
- (7) 模/数(A/D)或数/模(D/A)转换接口及其输入、输出电路;
- (8) 开关量输入接口及其输入电路;
- (9) 开关量输出接口及其输出电路;
- (10) 脉冲量输入接口及其输入电路;
- (11) 数字量输入、输出接口(PIO);
- (12) 串行接口及调制解调器(SIO MODEM);
- (13) 实时时钟;
- (14) 其他接口电路和外部设备。

以上各种设备和接口通过总线连接起来, 其框图如图2-1所示。

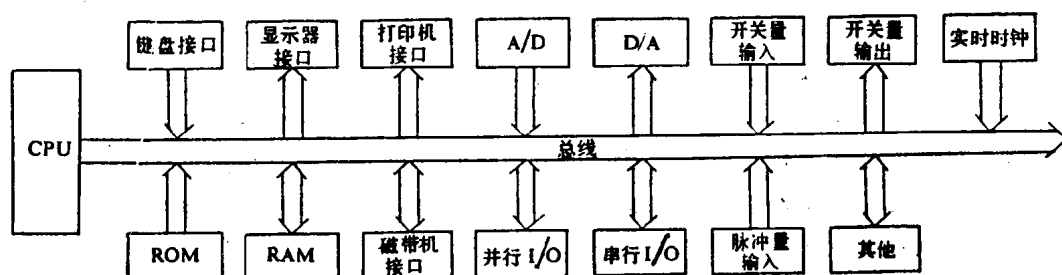


图 2-1 变电站微机监控系统硬件结构框图

现将硬件系统各部分的作用和功能简介如下, 更详细的情况将在本章以后各节介绍。

第三节 各部分的功能和要求

一、中央处理单元(CPU)

它是整个微机系统的指挥中心, 由控制器、运算器和寄存器组成, 通过内部总线互相

连接。它以指令计数器(PC)为指针从内存中逐条取出指令,经译码后发出一系列控制信号,完成指令所要求的运算或操作,指挥整个系统按程序要求协调一致地工作。

目前8位机的CPU有8080、6800、6502、8085及Z80等,其中以Z80功能最强,在我国应用最广泛。

二、内存(MEMORY)

微机的内存由只读存储器(ROM)和随机存储器(RAM)两部分所构成。RAM有静态和动态之分。动态RAM速度较快,但必须不断刷新,电路比较复杂。静态RAM电路较简单,但速度较慢。

RAM主要用来存放采集到的各种数据、运算的中间结果和最后结果。RAM还可以作为程序的工作区和堆栈,存放一些数据和标志。

ROM主要用于存放程序(包括应用程序和系统程序)和一些固定的参数,如比例和标度变换系数等。对于工业控制机来说,最好把内存区域设计成通用的,既可以插入RAM,也可以插入ROM,这样比较灵活。

由于工业环境干扰比较严重,最好把全部程序都固化起来,这样工作比较可靠。这就要求程序必须短小精悍,所以一般要求全部采用汇编语言进行设计。由此可见,软件的开发工作是比较复杂而艰巨的。

当然也可以把程序存入磁盘中,工作时调入内存的RAM区运行。这种方案的优点是对程序的容量没有严格的限制,因而有可能采用高级语言设计程序,同时还可以充分利用操作系统丰富的软件资源,这对简化编程工作、提高编程速度很有好处。但这种方案的抗干扰能力肯定不如前者,因此必须采取措施,以防止万一发生程序被冲时尽快地恢复正常运行。

有些工业控制机配备有控制用的高级语言,如CBASIC、FORTH^①、PL/M等。采用这些语言可以提高编程的效率,同时对节省内存开销也有好处。

目前有一种电可改写的只读存储器E²PROM,它的型号是2816、2832、2864等。这种存储器既不怕停电,又容易改写,只是存取速度比一般的RAM要慢一些。用它来存放一些需要经常修改的数据和整定参数是很理想的,尤其在调试程序时,可以把它当成有停电保护的RAM来使用。把程序文本存入E²PROM中,就如同存入磁盘和磁带一样可靠,但调用和修改则更为方便和迅速。

三、外存

微机的外存有磁盘和磁带两种媒体。磁盘容量大、速度快,但需要配用磁盘驱动器,故开销较大。磁带机速度和可靠性不如磁盘,但价格较低。

必须指出,如果程序可以全部固化在EPROM中,则微机投入运行以后,外存实际上已没有必要继续保留,在这种情况下采用磁带机是比较合适的。但如果采用高级语言编程,需要把目标程序存入磁盘中,工作时间调入内存RAM区运行,则磁盘(或硬盘)是不可避免的。

① 一种适用于过程控制的语言。

16位机还有温式硬盘可利用，它的容量大、速度快，是很好的外存设备。但对低档的8位机，则无此条件可利用。

四、显示与打印

屏幕显示是微机的重要输出手段，也是微机监控系统有别于传统监控系统的重要标志之一。由于它速度快，容易刷新，而且信息量十分集中，因此受到现场人员的普遍欢迎。

显示器的屏幕大小有各种规格，有30、41、61cm以及更大的。有单色和彩色之分，还有低密度和高密度之别。选用时主要根据变电站的规模、技术要求和经济条件作出合理选择。对中小型变电站一般采用30cm或36cm中等密度的单色显示器便可满足要求；对大中型变电站则可选用大屏幕（51cm及以上）高密度的彩色显示器。

常用的打印机有80行和132行两种规格，比较高级的打印机还附有汉字库。一般中小型变电站配置一台80行点阵式打印机，已可满足需要。当它工作在位图方式时，可以打印汉字和图形。

打印汉字可以采用汉字卡，也可自行设计所需的汉字点阵码。汉字卡使用起来方便省时，但需增加投资，而且一些比较简单的工业控制机还不一定有汉卡可供选用。自行设计汉字点阵码可以节省投资，但软件开销较大。关于打印汉字的设计问题将在本章第八节介绍。

五、键盘

键盘是人机联系的重要工具。运行人员通过它可以对微机系统进行各种操作和控制，输入数据和发出各种控制命令。

变电站微机监控系统一般需要进行以下一些操作和控制：

（1）命令微机系统进入指定的工作方式，如显示不同画面，召唤打印、清除报警等；

（2）进行变电站一次系统的开关操作和电压调整；

（3）修改参数和整定值，如调整时间、修改电量初值等。

以上三种情况对键盘有不同的要求。例如要求微机进入指定的工作方式，可以通过原来的标准键盘重新定义，也可以设置专用的功能键来解决。前一种方案不需要扩充硬件，只需设计一个键盘识别和管理程序代替原来监控程序中的键盘服务子程序即可，但采用这个方案时，由于键盘结构比较复杂，操作起来不太方便。后一种方案每个键有单一的功能，操作起来十分简便，故很受现场人员欢迎。

进行开关操作和控制，同样有利用通用的键盘或设置专用的控制按钮两种方案，这要根据具体情况作出选择。一般来说，遥控操作必须通过键盘，但就地操作就不一定要通过键盘。

最后一种情况，即修改参数和整定值，毫无疑问，通过微机本身的键盘进行修改最有效。

六、模/数(A/D)转换接口

变电站中各种连续变化的模拟量，如交流电压、交流电流、有功功率、无功功率、直流电压、直流电流等，必须转换为数字量才能被微机所接收。A/D转换器的基本功能就是把模

拟量转换为数字量,因此它是沟通外部的物理世界和微机内部数字世界的重要桥梁。

A/D转换器的工作原理有多种,如计数型、双积分型和逐步逼近型等。计数型由于速度较慢,实际上没有得到推广应用。双积分型有较高的精度和抗干扰能力,但由于转换速度较慢,在电气量的检测中也很少应用。逐步逼近型的工作原理实际上是对分搜索法,由于它是采用硬件来实现的,因此转换速度比较快,精度也比较高,因此在电力系统中得到广泛的应用。

A/D转换器有以下两种不同的结构形式,如图2-2所示。

(1) 多路转换开关(MUX)→采样保持器(S/H)→模/数转换器(A/D);

(2) 采样保持器(S/H)→多路转换开关(MUX)→模/数转换器(A/D)。

第一种结构形式是常用的形式,它的优点是电路比较简单,因为在这里多路输入共用一个采样保持器。但当输入量较多时,第一个通道和最后一个通道之间时延比较大,如果采集交流信号就会造成较大的角误差。因此,产生了第二种结构形式,即每个通道都有单独的采样保持器,这样就可以同时采样,然后再逐个进行转换。这对于减小由于不同时采样所产生的角误差是很有效的,不过这种A/D转换器目前还用得不普遍,需要自行设计和加工。

从应用的观点出发,A/D接口有几个对检测系统的性能有重要影响的参数和指标,这些参数和指标主要是:

(1) 字长。字长主要影响检测的精度。A/D转换的字长有8、10和12位等。8位字长的精度为 $1/256$,而12位字长则为 $1/2^{12}$ 。但当A/D板接成双极性时,由于最高位是符号位,因此精度相应降低一半。

必须指出,检测的精度不仅取决于A/D的字长,而且还与变送器以及其他环节的误差有关,因此必须综合衡量。

(2) 极性。A/D接口有单极性和双极性两种结构。检测直流信号可采用单极性A/D板;检测交流信号一般应采用双极性A/D板。但如果采取措施把交流信号的电平抬高,使它变成脉动信号,则单极性接口板也可以检测交流信号。

(3) 转换速度。转换速度是指信号从连续的模拟量转换成数字量的时间。这个时间除了进行逐步逼近处理的时间之外,还要加上多路转换开关、采样保持电路以及其他中间环节的延时。一般一个通道转换时间为 $50\sim 100\mu\text{s}$,这对直流信号的采集是可以满足要求的。但对于交流信号的采集,为了降低不同通道的角误差,一般要求有更快的转换速度(转换时间在 $50\mu\text{s}$ 以下)。具体要求速度多高,要根据采样频率和通道数并结合容许的角

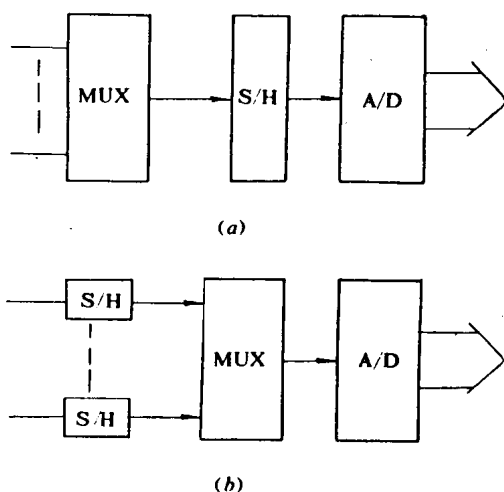


图 2-2 A/D转换器的两种结构形式
(a) 分时采样结构; (b) 同时采样结构

误差通过计算确定。当不能满足要求时，要考虑采用前面所介绍的同时采样逐个转换的方案。

(4) 码制。A/D转换后的数据可以是原码、补码或偏移码三种情况，通常微机均采用补码运算。因此，若采进来的数不是补码，则要加以转换。偏移码与补码之间只有符号位不同，因此进行转换只要对符号位加以处理即可。最简便的方法是将高8位和80H做一次“异或”运算，便可以将它转换成补码。

(5) 输入电压。有0~+5V、±2.5V、±5V、±10V等，可根据信号的幅值和极性加以选定。

(6) 通道数。一般一块A/D板有8、16、32通道或更多的通道。通道数一般指单端输入，如用作差动输入，则应减半。

通道数如不够用，可以增加模板解决，也可以将其中的一路输入用多路开关扩充为若干路输入，但这样做在速度上要有所降低。

七、开关量输入接口

变电站的开关量，如断路器、隔离开关的状态，继电器的触点以及人机联系的功能键的状态等，需要通过开关量接口输入微机。开关量输入接口主要起电平转换、隔离和缓冲的作用。

开关量输入接口有以下一些主要问题：

(1) 通道数。有8、16、32、64等不同数目，可根据需要适当选择。

(2) 类型。有电压型和电流型两种电路结构。电压型适用于近距离传送开关信号。电流型则可接入较高的输入信号电压，故适于远距离传送开关信号。

(3) 隔离。开关信号有直接输入和经光电隔离输入两种方式。采用光电隔离把微机与外部电路隔离开来，可以提高抗干扰能力，因此，当输入信号连线较长时，一般都要经光电隔离。

(4) 中断功能。开关量输入接口若有中断功能，则可采用中断方式输入开关量，从而提高响应速度。若没有中断功能，则只能采用查询方式输入开关量，这种方式的响应速度自然不如中断方式快。

要求全部开关量输入接口都具有中断功能是不经济的，也是不必要的。合理的解决方案是重要开关量（如断路器、保护触点等）以中断方式输入，一般开关量（如隔离开关等）则采用定时查询的方式输入。

(5) 输入方式。开关量输入接口有两种结构方式：直接输入和矩阵输入。直接输入的电路和程序都比较简单，但有N个开关量输入就要求有N个并行通道，因此通道利用率不高。如果开关量很多，采用这种输入方式是不合适的。在这种情况下，应采用矩阵输入方式。这样，有N个通道就可以接收 $(N/2)^2$ 个开关信号，当然这要增加一些软件开销。

(6) 去抖电路。开关量输入如果要求微机立即响应（如按键输入或开关变位中断输入等），则需要增加去抖电路，以防触点抖动引起误判。

八、开关量输出

开关量输出接口主要用来输出控制命令和信号；如开关跳合闸命令和光字牌、报警信