



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电力系统综合自动化

(第二版)

电厂及变电站电气运行专业

主编 杨新民



中国电力出版社

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



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电力系统综合自动化

(第二版)

电厂及变电站电气运行专业

主 编 杨新民

责任主审 孙保民

审 稿 谭伟璞 王 玮



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本教材是为适应当前电力工业技术革命新开发的一门课程的教材,系中等职业教育国家规划教材。全书共七个单元。概论、计算机监控的基本原理及基本测控等三个单元为电力系统综合自动化的基础知识;电力系统综合自动化部分分四个单元,论述了发电厂计算机监控系统、变电所综合自动化系统、电力系统调度自动化及配电网自动化。

全书选材内容体现了新技术、新知识和新方法,在阐述上力求深入浅出、通俗易懂,每一单元后都安排了习题,以加深对理论的理解。

本书主要用作“电厂及变电所电气运行”、“电力系统自动化”等专业的中等教材,也可供相关专业大专生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统综合自动化/杨新民主编. —2版. —北京:中国电力出版社,2008.1

中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5083-6238-0

I. 电… II. 杨… III. 电力系统-自动化-专业学校-教材
IV. TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 174675 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>)

北京市同江印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 1 月第一版

2008 年 1 月第二版 2008 年 1 月北京第九次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 366 千字

定价 19.80 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

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

《电力系统综合自动化》一书出版至今已整整六年了。在这六年中,我国的电力事业有了长足的发展,尤其是电力系统各行业在网络化、综合自动化方面有了较大的进展。而《电力系统综合自动化》这本书正是为适应电力系统新技术而开发的一门新课程,因此在《电力系统综合自动化》再版之际,理应反应近几年来电力系统的发展。为此,我们在“发电厂计算机监控系统”、“变电所综合自动化系统”、“电力系统调度自动化”几单元中做了较大幅度的增删和修改。

本书再版是在保留原版章节基础上进行的,在“计算机监控的基本原理”中增加了“智能变送器”和“GE90-70 可编程控制器及其在火电厂输煤系统中的应用”两部分;在“发电厂计算机监控系统”单元中,增加了“现场总线 FCS 控制系统”、“过程控制站”、“发电厂电气自动化系统”、“发电机的频率和有功功率自动控制”及“发电机数字式励磁系统和自动电压控制”几个部分;在“变电所综合自动化系统”单元中,增加了“基于 IEC61850 标准的变电所自动化通信网络结构”、“VQC 精细调节方案”及“通信控制器”几部分;在“电力系统调度自动化”单元中,增加了“光纤通信”、“分布式调度自动化主站系统结构”、“电力系统自动发电控制 AGC”和“电力系统调度自动化的最新进展”几个部分;而对“配电网自动化”单元仅作了次序修改。另外为适应中专电力职业教育电气运行专业的理论水平与实践能力要求,将部分涉及单片微机的汇编程序和扩展部分内容作删除处理;将“电厂计算机控制系统运行操作”改为电厂实习课题。

本书在第一版的基础上,由杨新民老师负责全面修改和再版工作。

本书初版的主审耿素清老师在初版时提过许多宝贵意见,由于当初出版时间十分紧迫,有的意见来不及采纳,本次再版时就这些意见重新作了考虑并对教材相应部分做了修改和补充。为此,作者再次向耿素清老师致以谢意。

由于本书所涉及内容大多数为新技术,有的内容还是新近公布的,作者限于水平低浅、实践不够、理解不深等原因难免存在许多缺点和错误,诚恳希望各位专家指导和读者批评指正,并欢迎使用电子邮箱联系:ZXDSJ@21CN.COM。

作者 于杭州

2007 年 4 月 30 日

第一版前言

《电力系统综合自动化》是教育部 80 个重点建设专业主干课程之一,是根据教育部最新颁布的中等职业学校电厂及变电站电气运行专业“电力系统”课程教学大纲编写的。

本书以培养学生的创新精神和实践能力为重点,以培养在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才为目标。教材的内容适应劳动就业、教育发展和构建人才成长“立交桥”的需要,使学生通过学习具有综合职业能力、继续学习的能力和适应职业变化的能力。

全书共分七个单元,其中“概论”、“计算机监控的基本原理”及“基本测控单元”三个单元为电力系统综合自动化的基础知识;有关综合自动化部分,分为“发电厂计算机监控系统”、“变电所综合自动化系统”、“电力系统调度自动化”及“配电网自动化”等四个单元。

本教材是为适应当前电力系统一场新的技术革命而新开发的一门课程。因此本书较集中地体现了新技术、新知识、新方法在电力系统中的应用。但本教材为了理论与实践紧密结合,适应电力系统自动化及运行岗位上的要求,在选材内容和阐述上都力求深入浅出、通俗易懂,并在各单元适当安排了已经成熟的计算机测控技术及综合自动化系统实例和习题,从而充实了内容,加深了对理论的理解。对较深的内容,在标题上加“*”符号,可供选学。根据教学大纲要求,“配电网自动化”单元也作为选学内容。

本书的主要对象是“电厂及变电所电气运行”、“电力系统自动化”等专业的中专生;大专生及有关工程技术人员也可参考使用,还可作电力系统自动化培训班的培训教材。

本书的第四、六、七单元是由武汉电力学校余建华老师编写的;第一、二、三、五单元是由浙西电力教育培训中心输配电工程勘测设计室杨新民老师编写,并担任本书主编。

四川电力职业技术学院耿素清老师负责本书主审,提出了许多宝贵的意见,在此致以衷心的感谢。

由于本书所涉及内容大多数为新技术,有的内容是新近公布的;作者限于水平低浅、实践不够、理解不深等原因难免存在许多缺点和错误,诚恳希望读者批评指正,并欢迎使用电子邮箱联系:ZXDSJ@21CN.COM。

作者 于新安江

2001 年 8 月

目 录

中等职业教育国家规划教材出版说明

前言

第一版前言

第一单元 概论	1
课题一 电力系统综合自动化的产生、目的和特点	1
课题二 电力系统综合自动化的内容及其功能	3
习题	6
第二单元 计算机监控的基本原理	7
课题一 微处理器	7
课题二 工业监控用的半导体存储器	13
课题三 数字量输入/输出接口	14
课题四 开关量输入/输出接口	22
课题五 模拟量输入/输出通道及工作原理	25
课题六 传感器和变送器的原理与应用	34
课题七 交流采样基本算法	45
习题	49
第三单元 基本测控单元	51
课题一 概述	51
课题二 单片机测控单元	52
课题三 可编程控制器测控单元	71
课题四 工控机测控单元	89
实验	97
习题	98
第四单元 发电厂计算机监控系统	100
课题一 发电厂生产过程自动化的发展史	100
课题二 发电厂计算机监控系统的控制方式及其结构	103
课题三 发电厂电气自动化系统	114
课题四* 发电厂的频率和有功功率自动控制	118

课题五* 发电机自动励磁调节和电压控制	123
课题六 发电厂计算机监控系统实例	129
实习题目 计算机控制系统的运行操作	137
习题	142
第五单元 变电所综合自动化系统	143
课题一 变电所综合自动化系统功能	143
课题二 变电所综合自动化系统结构原理	146
课题三 变电所微机监控系统及实例分析	153
课题四 监控系统的系统综合功能	158
课题五 变电所综合自动化系统的数据通信	165
实验	177
习题	177
第六单元 电力系统调度自动化	179
课题一 电力系统调度自动化的实现	179
课题二 电力系统调度自动化的基本知识	182
课题三 电力系统调度自动化系统调度端	190
课题四 电力系统调度自动化远动终端装置—RTU	193
课题五* 电力系统自动发电控制 AGC	196
课题六* 电力系统调度自动化的最新进展	198
习题	201
第七单元 * 配电网自动化	202
课题一 配电网自动化系统概述	202
课题二 基于重合器的馈线自动化	208
课题三 基于 FTU 的馈线自动化系统	215
课题四 配电自动化的发展及系统方案	219
课题五 抄表及电能计量系统	224
习题	229
附录	230
附表 1 MCS-96 指令系统一览表(一)	230
附表 2 MCS-96 指令系统一览表(二)	231
参考文献	232

概 论

内 容 提 要

电力系统自动化的产生、目的和特点, 电力系统调度自动化系统、火电厂自动化系统、水电厂综合自动化系统、变电所综合自动化系统、配电网综合自动化系统的内容及其功能。

课题一 电力系统综合自动化的产生、目的和特点

一、电力系统综合自动化的产生

(一) 电力系统综合自动化的必要性

电力系统被控制的对象是十分复杂而庞大的: 被控制的发、输、变、配电设备多达成千上万台; 这些设备分散在辽阔的地理区域内, 往往要跨越数个省份; 被控制的设备间联系又十分紧密, 通过不同电压等级的电力线路连接成网状系统。由于整个电力系统在电磁上是互相耦合和连接的, 所以仅有电气设备的常规自动装置是很不够的, 还必须有整个系统(或局部系统)的综合自动化装置, 通过信息共享和功能互补把电力系统自动化提高到一个新的水平。

电力系统被控制的参数很多。这些参数包括电力系统频率、节点电压和为保证经济运行的各种参数, 如电力系统内成百上千台发电机组和无功补偿设备发出的有功功率和无功功率。显然监视和控制成千上万个运行参数是十分困难的任务, 仅靠常规的自动装置达不到实时性要求, 也就不能完成复杂的控制任务。

从自动控制学角度看, 电力系统故障是电力系统自动控制的扰动信号。电力系统故障的发生是随机的, 而且故障的发生和切除几乎是同时存在的, 也就是说扰动的同时伴随着被控制对象结构的变化, 这就增加了控制的复杂性。有时电力系统故障, 致使系统失去了稳定, 会造成灾难性的后果。然而综合自动化具有极高的系统监控实时性, 能做到精确测量, 快速控制, 系统就不易失去稳定, 即使在电力系统失去稳定后也能较快地使系统恢复稳定。

总之, 保证电力系统安全、优质、经济运行单靠发电厂、变电所和调度中心的常规、单一功能的自动装置是不够的。电力系统的实时性、快速性、稳定性要求, 必须依靠系统的综合自动化才能实现。

(二) 电力系统综合自动化的发展过程

1. 单一功能自动化阶段

在电力系统内的发电设备及其出力不断增加, 供电范围也不断扩大的情况下, 设备现场人工就地监视和操作不能满足电力系统运行需要时, 为了保证电力系统安全运行和向用户供应合格电能就出现了单一功能的自动装置。这些自动装置指继电保护装置、自动操作和调节装置(如断路器自动操作、发电机自动调压和自动调速装置)、远距离信息自动传输装置

(即远动装置,也就是我们常说的四遥装置:遥测、遥信、遥调、遥控)。

在单一功能自动化阶段,电力系统继电保护、自动监控、远动三者的理论和技术分别发展成了三门独立的技术。在电力系统继电保护和远动从电力系统自动化中独立出来后,电力系统自动化的内容就只包括电力设备的自动监视、控制及其有关的问题了。尽管如此,如果从高层次来分类,电力系统继电保护、远动、自动监控仍然同属于自动化的范畴。因此,单一功能自动化阶段的特点是:①电力系统继电保护、电力系统远动和自动监控三者各自自成体系,分别完成各自的功能;②对单个电气设备完成某种单一功能自动化过程;③电力系统中各发电厂和变电所之间的自动装置没有什么联系;④电力系统的统一运行主要靠电力系统调度中心的调度员根据遥信、遥测信息,加上调度员自己的知识和经验,通过电话或遥控、遥调来指挥。

2. 电力系统综合自动化阶段

随着电力系统装机容量和供电地域的不断扩大,电力系统的结构和运行方式越来越复杂而多变,同时对电能质量、供电可靠性和运行经济性的要求也越来越高。在这种情况下,单一功能的自动化装置已经不能使调度人员在很短的时间里掌握复杂多变的电力系统运行状态,并做出及时而正确的决策。甚至在复杂的情况下,大量的遥信、遥测的信息使得调度人员不知所措,以致延误了事故处理或做出错误的决定,导致事故扩大。

电力系统的发展提出一个电力系统的自动监视和控制的问题,计算机科学技术的发展提供了一个十分有效的工具,使得电力系统综合自动化得以产生。

二、电力系统综合自动化的目的和特点

(一) 电力系统综合自动化的目的

大容量和高速度的大型计算机和微型计算机及其网络系统在电力系统的应用,发挥了计算机储存信息大、综合能力强、决策迅速等许多优点。电力系统综合自动化的目的就是利用计算机这些优点,把电力系统实时运行的能量管理系统(EMS)和配电网调度控制系统(DAS)以及在电力工业各部门中用于管理和规划的管理信息系统(MIS)结合起来,把不同层次的电力系统调度自动控制功能和日常生产的计划管理功能在信息共享和功能互补上很好地结合起来,使电力系统运行的安全性、经济性提高到一个新的水平。

目前我国电力系统综合自动化已把 EMS 和 DAS 系统结合起来,有的已成功地与 MIS 结合在一起。电力系统综合自动化还在不断地完善和发展中,可以预计,今后电力系统综合自动化将提高到一个更高、更新的水平。

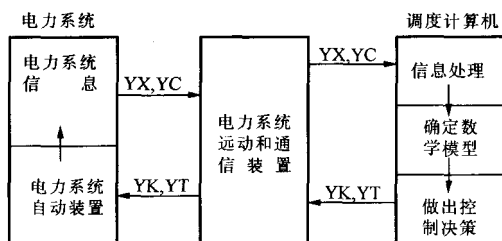


图 1-1 电力系统综合自动化系统工作模式图

(二) 电力系统综合自动化的特点

1. 电力系统综合自动化系统模式

图 1-1 示出了电力系统自动控制系统的的工作模式。电力系统的运行结构、参数和事故状态通过电力系统远动装置的遥信(YX)、遥测(YC)和通信装置传送到调度中心的调度计算机。在调度计算机中,首先对远动传来的信息进行处理,得出表征电力系统运行状态的完整

而准确的信息;然后根据电力系统的运行结构求出表征电力系统实时运行状态的数学模型;最后根据电力系统运行的要求求出对电力系统实施控制的决策。调度计算机做出的控制决策

再通过远动装置的遥控 (YK) 和遥调 (YT) 及通信装置传送到电力系统。电力系统中的自动装置接到从调度传来的 YK 和 YT 信息之后, 对电力系统的运行结构和参数进行控制和调节, 使电力系统进入一个新的运行状态。这个新的运行状态和参数再通过远动装置的 YX、YC 和通信装置传到调度中心的调度计算机。上述过程周而复始不停地进行, 实现了实时对电力系统内众多发电机组和电力设备进行监视和控制。

2. 电力系统综合自动化的特点

由图 1-1 所示的综合自动化系统可以看出: 它把电力系统自动监控、远动装置和通信装置及调度计算机有机地结合起来, 组成的一个自动控制系统。这个综合自动化系统是一个典型的、规模很大的自动控制系统。

由上述分析可见, 电力系统综合自动化系统的特点是: ①用一套自动化系统或装置来完成以往两套或多套单一功能的自动化系统或装置所完成的工作。②具有信息共享和功能互补的特点。在调度中心及电力系统管理决策机关里可以共享从电力系统发电厂、变电所上传的 YX 和 YC 信息。而电力系统内发电厂和变电所得到的 YK 和 YT 信息体现了功能互补, 其 YK 和 YT 信息中已含有专家系统中的控制决策。③具有智能控制特点。在调度计算机内从数学模型的建立到控制决策做出, 其中既含有电力系统的控制理论, 又含有电力系统长期运行的实践经验模式。这是一种较好地符合电力系统实际运行的控制模式。

课题二 电力系统综合自动化的内容及其功能

电力系统综合自动化是二次系统的一个组成部分, 通常是指电力设备及系统的自动监视、控制和调度自动化的综合总称。它是由许多子系统组成的。每个子系统完成一项或多项功能; 同时它们又组成一个系统, 在这个系统中达到信息共享和功能互补。它是一个自动监视和控制的系统。这个系统从不同侧面来观察分析, 可以有不同的子系统划分。例如从调度角度来划分, 有发电和输电调度自动化和配电网综合自动化; 从系统运行角度来划分, 有电力系统调度自动化、发电厂自动化、变电所综合自动化; 从电力系统自动控制角度来划分, 有发电机综合自动控制、电压和无功功率综合自动控制、电力系统安全自动控制、电力系统频率和有功功率综合自动控制等等。

一、电力系统调度自动化系统

电力系统调度自动化系统的功能可概括为: 控制整个电力系统的运行方式, 使电力系统在正常状态下安全、优质、经济地向用户供电, 包括自动发电控制功能 (即 AGC 功能) 及系统无功电压控制功能 (即 VQC 功能); 在缺电状态下做好负荷管理; 在事故状态下迅速消除故障的影响和恢复正常供电。电力系统调度自动化系统的任务是综合利用电子计算机、远动和远程通信技术, 实现电力系统调度管理自动化, 有效地帮助调度员完成调度任务。

图 1-2 是调度自动化系统的结构简图。图中主站 (MS) 安装在调度中心, 远动终端 (RTU) 安装在发电厂和变电所。在实现了综合自动化的厂 (站) 里 RTU 就是该厂 (站) 的自动监控系统的通信控制器。在 MS 和 RTU 之间通过远动通道相互通信, 实现数据采集和监视与控制。RTU 是调度自动化系统与电力系统相连接的装置。RTU 功能之一是采集所在厂 (站) 电力设备的运行状态和运行参数, 如电压、电流、有功功率和无功功率、有功电量和无功电量、频率、水位、断路器分合信号、继电保护动作信号等。RTU 功能之二是接

收主站通过通道送来的调度命令,如断路器控制信号、功率调节信号、改变设备整定值的信号及返回给主站的执行调度命令后的操作信息。

图 1-3 是调度中心主站系统的结构简图。主站通信控制器 (MTU) 接收各厂 (站) RTU 送来的信息,将其送往主计算机,并将主计算机或调度员发出的调度命令送往各厂 (站) 的 RTU。主计算机是主站的核心,负责信息加工和处理,包括检测一些模拟量参数是否越限,开关量是否有变位等。人机联系设备有屏幕显示器 (CRT) 或模拟屏及键盘、打印机等。显示器将主计算机信息处理结果显示出来;键盘接收调度员命令,决定是否对电力系统实行控制和调节。主站还要将经过处理的信息向上一层的调度中心转发,通常通过数据通信网进行。

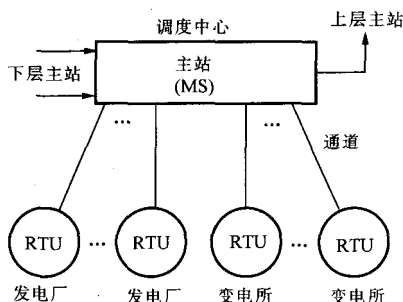


图 1-2 调度自动化系统结构简图

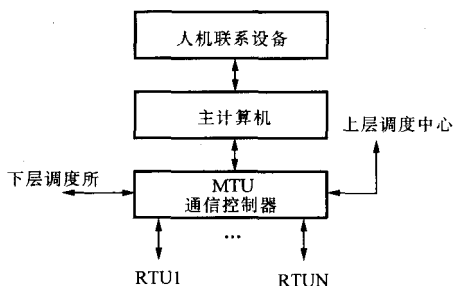


图 1-3 调度中心主站系统结构简图

电力系统调度自动化系统结构的一个特点是分层结构。通常电力系统调度控制分为国调、网调、省调、地区调、县 (市) 调五个层次。

在发电厂和变电所装设的远动终端 (或当地计算机监控站) 直接采集实时信息,只有涉及上层调度网的信息才向上层调度传送。调度中心集中信息后作适当处理编辑再向更高层次的调度转发。这种分层采集信息和分层控制简化了系统结构,减少了通道量和信息量,使信息的实时性明显提高。

二、火电厂自动化系统

火电厂自动化系统功能是通过各种自动化系统实现的。大容量火力发电机组的自动化系统主要有计算机监视 (或数据采集) 系统、机炉协调主控制系统、锅炉自动控制系统、汽轮机自动控制系统、发电机综合自动控制系统、旁路控制系统、辅助设备自动控制系统等部分组成。

(一) 计算机监控系统

这个系统包括厂级监视用计算机及分散控制系统的信息采集系统,其功能是对锅炉、汽轮机、发电机及电气设备发电过程参数和设备运行状态进行监视。它取代了部分常规仪表,提高了对机组的监视能力,并有大量的历史数据存储,可作为对机组运行问题进行分析的依据。这是传统仪表及常规自动装置无法实现的。

(二) 机炉协调主控制系统

该系统根据负荷调度命令和电力系统频率,在单元机组所能承担负荷的情况下,对汽轮机自动控制系统和锅炉自动控制系统发出指挥和控制指令。系统还可按负荷需求和机组运行状态采用不同的运行方式。该系统具有的综合控制功能,也是一般的常规自动装置无法比拟的。

（三）发电机综合控制系统

该系统简称 TAGEC 系统，是一种计算机数字综合控制系统，其功能包括发电机开停顺序控制、励磁控制（AVR）、调速控制（GOV）、稳定余度监视控制等。该系统将发电机作为一个统一的被控对象，按照多变量最优控制理论进行控制。因此它是一个发电机励磁和调速的综合优化控制系统。显然在 TAGEC 系统中已包含原 AGC 和 AVC（自动电压控制）在内。

火电厂的综合自动化系统还有厂用电控制系统及辅机自动控制系统部分。它们与前面三个控制系统综合为一个完整的自动化系统。

三、水电厂综合自动化系统

水电厂综合自动化系统主要包括水轮发电机组自动发电控制系统（即 AGC）、水电厂计算机监控系统、梯级水电站综合自动化系统。

水电厂计算机监控系统是将水电厂运行状态量（如机组开、停、空载、发电、调相，断路器分合状态及继电保护动作信息）、运行参数（如电压、电流、功率、水位、温度、压力、位移）等实时信息，通过计算机监控系统的输入输出接口送入计算机系统。计算机监控系统根据上述实时信息，经过分析、计算做出控制决策，然后再通过输出接口对水轮发电机组启停实行控制，对有功功率、无功功率进行调节，对断路器进行分合，对闸门进行启闭控制等。水电厂的实时运行参数和主设备的运行状态等信息可以通过通信设备传送到上级调度中心，同时厂站级计算机系统也接收电力系统调度中心送来的调度命令对水电厂的设备进行控制和调节。

此外，水电厂综合自动化系统还应有遥视（工业电视系统）、消防系统及水情自动测报系统。

四、变电所综合自动化系统

变电所综合自动化系统包括变电所微机监控、微机继电保护、微机自动装置、电压和无功综合控制等子系统。

变电所微机监控系统的功能应包括变电所模拟量、开关量、电能量的数据采集，事件顺序记录（SOE），故障录波和测距，谐波分析与监视，变电所操作控制，人机联系，现场级通信及与上级调度通信的全部功能。

在变电所综合自动化系统中微机保护装置与微机监控系统是相互独立的。由于微机保护的重要地位，微机监控仅综合其信号部分，不允许综合保护的功能。而微机保护装置却综合了部分自动装置的功能（例如低频减载的功能）。但对重要的自动装置，如备用电源自动投入装置，其功能仍需相互独立。

电压和无功综合控制系统（VQC 系统）实现对变电所电压和无功的自动控制，主要是自动调节有载调压变压器的分接头位置和自动控制无功补偿设备（电容器、电抗器、调相机）的投、切或控制其运行工况。变电所的电压和无功综合控制系统与调度中心的电压和无功综合控制系统是不同的。前者的控制仅在变电所内实现，并且要接受调度中心的调节控制命令。

五、配电网综合自动化系统

配电网自动化是近几年发展起来的，目前国家尚无统一标准，各地情况也不尽相同。针对这种情况，国家电力公司安全运行与发电输电运营部最近公布了《配电系统自动化规划设计

导则试行方案》。根据该导则,配电系统自动化应包括配电网调度自动化系统、变电所、配电所自动化系统、馈线自动化系统(FA)、自动制图(AM)/设备管理(FM)/地理信息系统(GIS)、用电管理自动化系统、配电系统运行管理自动化系统、配电网分析软件系统(DPAS)等。

配电网调度自动化系统主要包括配电网数据采集与监控系统(SCADA)、配电网电压管理系统、配电网故障诊断和断电管理系统、操作票专家系统。

变电所、配电所自动化系统的子系统及其功能类同前述的变电所综合自动化系统。

馈线自动化系统(FA)主要包括馈线控制及数据检测系统、馈线自动隔离和恢复系统。

AM/FM/GIS系统统称为图资系统。其目的是形成以地理背景为依托的分布概念以及电网资料分层管理的基础数据库。图资系统与SCADA系统提供的实时信息有机的结合,可提高调度工作质量;图资系统与各种管理系统结合,可提高管理工作效率。

配电网自动化涉及面广、范围大、内容多且复杂,是一个庞大的系统工程。随着社会的发展,对配电网质量的要求越来越高,故其功能也在不断增加、调整,新的综合自动化设备还在不断涌现,配电网综合自动化将以更新的面貌出现。例如目前已经开发的配电馈线远动终端(FTU)。它集馈线保护、监控、通信为一体,是一个很有生命力的新设备。

习 题

1. 电力系统为什么要采用综合自动化技术?
2. 单一功能自动化阶段的特点是什么?
3. 电力系统综合自动化是如何产生的?
4. 电力系统综合自动化的目的是什么?
5. 根据电力系统综合自动化系统模式图说明它是怎样实时地对电力系统众多的电力设备进行监控的?
6. 说明电力系统综合自动化的特点。
7. 电力系统调度自动化、火电厂自动化、水电厂综合自动化、变电所综合自动化、配电网综合自动化系统有一个共同的特点是什么?

计算机监控的基本原理

内 容 提 要

发电厂、变电所需采集的电量和非电量；数字量输入/输出的基本概念，数字量输入/输出通道的组成、原理和技术特性，数字量输入/输出通道的抗干扰措施。传感器的作用及分类，常用传感器的组成、原理及技术指标；模拟量转换器的组成及工作原理；非电量变送器的组成（包括智能化变送器）、工作原理及技术指标；常用电量变送器的分类、组成、工作原理及技术指标；智能化电量测量装置的组成、功能及原理；模拟量输入/输出通道的组成和原理；模拟量输入/输出通道的技术特性；模拟量输入/输出通道的抗干扰措施。

微处理器的特点、基本原理、微处理器的指令系统；工业监控用半导体存储器的技术要求，只读存储器、可读写存储器、非易失性读写存储器。

交流采样算法——半周积分算法、傅氏变换算法、解微分方程算法。

课题一 微 处 理 器

一、概述

在发电厂和变电所综合自动化中，需采集的信息很多，但从它们的性质来说，可分为模拟量、开关量、脉冲量及各类仪表设备通过串行口输出的“广义”读表数等四大类。实际上，无论何种类型的信息，在计算机内部都是以二进制的形式（即数字形式）存放在存储器中。断路器、隔离开关、继电器的触点、按钮和普通开关、刀闸等都具有分合两种工作状态，可以用 0、1 表示。这些设备的工作状态对计算机监控系统的输入及计算机监控系统对这些设备的输出也可以表示为 0 和 1 数字量的输入和输出。对模拟量的处理也是要先将模拟量转化为数字量，计算机才能接受。因此，数字量的输入/输出是计算机的基本操作之一。

本节先分析微处理器的工作原理，再介绍数字量输入/输出的基本概念（以下分别简称为 DI 和 DO）。微处理器又称中央处理器，简称为 CPU，它是计算机的核心，主要应用在工业控制领域，其次是应用在仪器及计算机领域，在通信上的应用也占了一定比例，在家用电器上的应用也越来越多。

（一）微处理器的特点

微处理器应用如此广泛，并不是偶然的，是由于它具有许多独特而优越的特点：

（1）体积小，重量轻。CPU 采用超大规模集成电路制成，因而其体积小而重量极轻。由于 CPU 体积小，使得从前因体积过于庞大而无法使用计算机的都可以用 CPU 做控制器件，从而使它能得到广泛应用。

（2）价格低廉。性能价格比是目前衡量数字计算机优劣的重要指标。目前单片机的价格往往在 85 元以下，有的还只有 10 元左右，而且价格还在不断下降。CPU 良好的性能价格

比,对使用者有着异常巨大的吸引力,使人们在各个领域乐意大量应用 CPU。

(3) 可靠性高。电路的可靠性很大程度上取决于焊点的数量。CPU 采用超大规模集成电路,故电路的焊点数量大大减少,因此故障也就大大减少。统计资料表明:大规模集成电路的失效率为 $10^{-8}/h$ 的数量级,大约是 $10^{-4}/\text{年}$ 的失效率,可见 CPU 的可靠性极高。CPU 的高可靠性减少了人们的维护时间,提高了监控对象的品质因素及产品质量。这也是它被广泛应用的重要原因。

(4) 功耗低。根据统计数据,1999 年超大规模集成电路的 CPU 采用 $0.3\mu\text{m}$ 的 CMOS 芯片功耗已下降到 $0.45\text{mW}/\text{MIPS}$ 。

(5) 运算速度极快。目前 CPU 的工作频率已超过 1.2GHz ;而单片微机也已超过 100MHz ,高档数字处理机的 MAC(执行一次乘法和一次加法)的时间已降低到 10ns 以下。

(6) 灵活性高等特点。

以上所有特点使 CPU 成了电子产品中的佼佼者,它推动着世界范围内的一场科技大革命。

(二) 微处理器处理信息的方法

由于 CPU 的运算速度极快,此特点决定了人们可以把大量、繁杂、重复性的工作交给 CPU 去做。CPU 处理信息的方法是:

(1) 首先将各类问题(开关量、模拟量、脉冲量、逻辑概念、语音等)按一定规律转换为二进制数码,让二进制数码代表各类问题的“量”;然后由 CPU 按二进制数码去处理这类问题。

(2) CPU 通过程序将所有问题处理的规律都用相对应的函数表示,然后将对应的函数运算全部变换为相应的加法运算的算法表示。这样,哪怕是再复杂的问题也能通过大量的加法运算表示,只要计算机的 CPU 处理信息的速度足够快,复杂问题总能解决。这也是微处理器应用十分广泛的根本原因之一。

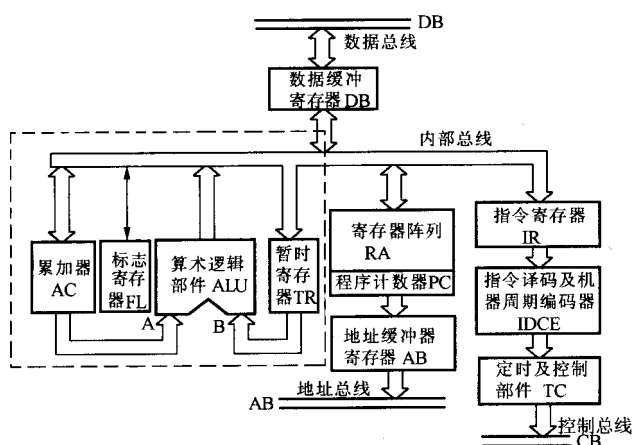


图 2-1 CPU 一般结构

二、微处理器的基本原理

(一) CPU 的基本结构框图

CPU 是由一片大规模集成电路芯片制成,不仅能进行算术逻辑运算,还能执行各种控制功能。通常 CPU 是由算术逻辑部件 ALU、累加器 AC、暂时寄存器 TR、标志寄存器 FL 和寄存器阵列 RA、程序计数器 PC、地址缓冲寄存器 AB 及指令寄存器 IR、指令译码及机器周期编码器 IDCE、定时及控制部件 TC、数据缓冲寄存器 DB 等组成,如图 2-1 所示。

(二) 运算器工作原理

算术逻辑部件 ALU 和累加器 AC、暂时寄存器 TR、标志寄存器 FL 构成运算器,如图

2-1 中虚线框 1 所示。运算器是执行算术和逻辑运算的部件。因此它既能进行“加”、“减”等算术运算，又能进行“逻辑加”，“逻辑减”运算。

算术逻辑部件 ALU 一般有两个输入端：数据 A 输入端和数据 B 输入端。另外还有一个下一级进位输入端。有两个输出端：运算结果 F 输出端、进位信号 C 输出端。此外，还有四个功能选择端 S0~S3，一个方式控制端 M。功能选择端决定 ALU 执行何种运算，方式控制端决定 ALU 是执行算术运算，还是逻辑运算。

为了简单起见，把 ALU 的一位结构图表示于图 2-2。ALU 的功能具有“加”、“减”等算术运算和“逻辑加”、“逻辑乘”逻辑运算及“求补码”运算功能。CPU 中的算术逻辑部件 ALU 的位数，由 CPU 的字长确定，有 8 位、16 位等。如一个字长 8 位的 CPU，它的 ALU 位数也就是 8 位。数据输入端 A、B 具有与 CPU 相同的位数。ALU 的输出端也具有相同位数，与内部数据母线相连。进位信号 C 则与标志寄存器 FL 相连，以便把进位信号放到标志寄存器中保存。方式控制信号 M、功能选择信号 S0~S3 来自定时及控制部件 TC。

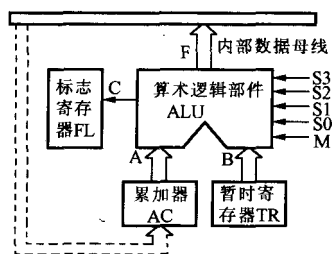


图 2-2 ALU 的信息流向

必须注意的是，ALU 是一个纯粹运算部件，本身没有寄存功能。所以在控制信号 M 及 S0~S3 作用下，ALU 对两组输入端数据 A 和 B 进行运算。它把进位信号送到标志寄存器 FL 中保存，同时又把运算结果送回内部数据母线，以便送到寄存器阵列或累加器 AC 中保存。

累加器 AC 是专门用于存放 ALU 的运算结果的。此外存入 AC 的数据也可以传给 ALU 进行运算。假设 AC 的初值为“0000”，寄存器 TR 的内容是“0010”，把 AC 和 TR 的内容送到 ALU 中相加，则结果为“0010”，将此结果送回 AC 保存。若再把一个新数据送入 TR 寄存器中，然后 ALU 又对 AC 和 TR 的内容相加，相加的结果再放入 AC 中。这样，寄存器 TR 的两次结果都累加在 AC 中了。累加器的名称也就是由此而来的。累加器 AC 是 CPU 中一个关键寄存器。有的 CPU 有两个或更多的累加器，从而使机器的运算更加灵活和方便。

暂时寄存器 TR 的作用是在 ALU 执行运算时，把 ALU 的输入数据（数据 B 的数据）与母线加以隔离。这样可以保证参与运算的数据和 ALU 的运算结果不会在内部数据母线上产生混杂。

标志寄存器也叫状态寄存器。它由多个触发器组成，用于保存运算操作的溢出、进位、全“0”、数符等标志。而这些标志在程序工作时，往往作为“转移指令”的转移条件。

*（三）数据总线与数据缓冲寄存器

由于外设与 CPU 之间的工作速度差异很大，为保证数据信息的正确传送，使 CPU 工作更加快速灵活，在内部数据母线与数据总线之间设置数据缓冲寄存器。这样，在数据不能马上被外设接收时，就可暂时将数据存入数据缓冲寄存器。数据缓冲寄存器还起到隔离作用，将数据总线与内部总线相隔离。数据总线是 CPU 输入、输出数据信息的通道。而内部总线是 CPU 内部各种信息的通道，地址数据、控制指令信息都将出现在内部总线上。数据总线与内部总线上的数据内容是不相同的，而且内部总线上数据内容瞬变万化。数据总线起自数据缓冲寄存器，终止于外设数据端口。所谓数据端口就是 CPU 与外设数据信息交换的接口。