

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI (高职高专教育)



BIANDIANZHAN ZONGHE
ZIDONGHUA XIANCHANG JISHU

变电站综合 自动化现场技术

丁书文 主编



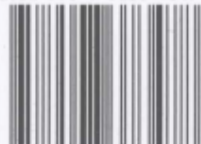
中国电力出版社

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

单片机原理与应用
可编程控制器的原理与应用
微机原理与接口技术
微机原理与接口技术
自动控制原理
自动控制原理
计算机控制技术
电工测量技术
电子技术
电力电子技术(第二版)
电机运行技术
电力系统分析
供用电网络及设备
发电厂电气设备及运行
发电厂电气主系统及运行
发电厂及变电所二次回路
变配电所二次系统(第二版)
电力系统自动装置原理
电力系统继电保护与自动化
电力系统继电保护及二次回路
电力系统故障分析
电力工程
电气运行
变电站综合自动化技术(第二版)
变电站综合自动化现场技术
供配电技术(第二版)
电气照明技术(第二版)
高电压技术
安全用电
用电管理
电能计量(第二版)
电能计量
机电控制技术

任万强
屈虹
赵又新
马宏锋
刘保录
王艳华
杜卫华
张若愚
张杰
李雅轩
魏涤非
杜文学
羊本勇
王朗珠
郑国山
陈利
阎晓霞
丁书文
李彦梅
沈诗佳
王显平
唐顺志
胡永红
路文梅
丁书文
夏国明
夏国明
刘吉来
吴新辉
李璐新
王月志
祝小红
李成良

ISBN 978-7-5083-7347-8



9 787508 373478 >

定价: 21.60元

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



BIANDIANZHAN ZONGHE
ZIDONGHUA XIANCHANG JISHU

变电站综合 自动化现场技术

主编 丁书文
编写 李全意 张晓春
主审 杨晓敏



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。

本书较全面地阐述了变电站综合自动化系统的概念、结构、原理、功能以及电力现场实际应用，介绍了相关应用技术和设备以及具体操作等。全书共分九章，主要包括变电站综合自动化系统概述、保护与测控装置硬件、间隔层装置、自动控制装置、数据通信、监控系统、二次回路、可靠性问题和调试、维护与运行等。本书在阐述变电站综合自动化系统原理和技术的同时，密切结合实际，内容系统、实用性强、通俗易懂。

本书可作为高职高专电力技术类、自动化类专业教材，也可作为相关专业函授教材，还可作为变电站综合自动化系统生产人员、技术人员和管理干部的技能培训教材和电力工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电站综合自动化现场技术/丁书文主编. —北京: 中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5083-7347-8

I. 变… II. 丁… III. 变电所—自动化技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 077651 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

*

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 326 千字
定价 21.60 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

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

近几年,我国的高职高专教育改革正在如火如荼地开展。全国高职高专院校数量已占全国高校数量的60%以上;高职高专院校的办学指导思想进一步明确,办学模式得到提炼,办学条件有了较大改善;以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研相结合的路子和培养生产、建设、管理、服务第一线高技能人才的思路进一步确立。同时,为贯彻落实教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神,使教材建设能够跟上高职高专院校发展的需要,把教材建设作为整个高职高专院校教育教学工作中的重要组成部分,教材建设要紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展工作,教材内容要紧跟电力系统的技术发展,要不断更新,以适应高职高专院校发展的需要。为此,编者组织专业团队编写本教材。相信本教材的出版,将为高职高专院校师生学习和掌握变电站综合自动化技术带来全新的感受。

变电站自动化技术经过十多年的发展已经达到一定的水平,在我国城乡电网改造与建设中,不仅中低压变电站采用了自动化技术实现无人值班,而且在220kV及以上的超高压变电站建设中也大量采用自动化新技术,从而大大提高了电网建设的现代化水平,增强了输配电和电网调度的可靠性,降低了变电站建设的总造价。变电站综合自动化技术涉及计算机硬件、软件、通信、网络、信号处理、控制和继电保护等多个方面,而这些方面自身的发展也十分迅速。然而,技术的发展是没有止境的,随着智能化开关、光电式电流电压互感器、一次运行设备在线状态检测、变电站运行操作培训仿真等技术日趋成熟,以及计算机高速网络在实时系统中的开发应用,势必对已有的变电站自动化技术产生深刻的影响,全数字化的变电站自动化系统即将出现。

本书紧密结合现阶段出现的各种新技术、新方法、新原理、新装置,对于一些相对陈旧或在工程实际中已不采用的内容尽量删节;在注重实际应用与工程案例的表述与分析的前提下也引入了必要的原理、方法、算法,力求做到使读者既能知其然,也能知其所以然。

全书共分九章。第一章简要说明了变电站自动化的基本概念、主要内容、基本功能、基本结构、典型配置和发展概况;第二章介绍了变电站综合自动化系统保护与测控装置硬件插件、硬件电路及变电站各种信息量的采集和测量方法;第三章介绍了间隔层装置的分类,输电线路间隔的保护与监控,变压器间隔的保护与监控,控制字的含义及实际应用,变电站综合自动化系统中的微机保护的问题等;第四章简要介绍了变电站综合自动化系统相关的控制和调节装置;第五章较为全面地介绍了变电站内部以及对外的通信技术,重点介绍了当前使用的通信规约,对国际、国内最新与之相关的标准也适当地进行了介绍;第六章介绍了监控系统的结构、特点、基本功能,监控系统的界面及其使用,遥控操作及其实例等;第

七章重点介绍了 6、35、110kV 输电线路的保护、测量、控制二次回路以及主变压器的保护、测量、控制二次回路；第八章介绍了变电站综合自动化系统遭受的干扰原因及抗干扰的技术措施；第九章介绍了变电站综合自动化系统的运行维护和系统调试。

本书第一章的第一、二、四、五、六节，第二章，第四章的第一、二节，第五章，第六章由丁书文编写；第一章的第三节、第三章、第四章的第三节、第九章由李全意编写；第七章、第八章由张晓春编写。全书由丁书文主编，杨晓敏主审。在本书的编写过程中，编者参考了相关著作、文献和技术资料，在此对相关的作者表示感谢。

由于本书所涉及内容大多数为新原理、新技术，作者的理论水平有限、实践经验不够、理解不深等原因，书中不足之处在所难免，望读者批评指正。

作者

2008年6月于郑州

目 录

前言	
第一章 变电站综合自动化系统概述	1
第一节 变电站综合自动化的概念	1
第二节 变电站综合自动化系统的基本功能	9
第三节 变电站综合自动化系统的结构形式	13
第四节 变电站综合自动化系统的配置	20
第五节 变电站综合自动化与无人值班变电站	25
第六节 变电站综合自动化技术的发展方向	28
思考题	35
第二章 变电站综合自动化系统的保护与测控装置硬件	36
第一节 保护与测控装置硬件及其插件	36
第二节 保护与测控装置硬件举例	43
第三节 数据的采集与处理	48
第四节 保护与测控装置软件常用的算法分析	59
思考题	62
第三章 变电站综合自动化系统的间隔层装置	64
第一节 输电线路间隔的保护与监控	65
第二节 主变压器的保护与监控	77
第三节 变电站综合自动化系统中微机保护的几个问题	79
思考题	81
第四章 变电站综合自动化系统的自动控制装置	82
第一节 电压、无功综合自动控制装置	82
第二节 备用电源和备用设备自动投入装置	91
第三节 故障录波装置	98
思考题	106
第五章 变电站综合自动化系统的数据通信	108
第一节 数据通信概述	108
第二节 远距离的数据通信	113
第三节 RS-232/485 串行数据通信接口	121
第四节 数据传输中采用的通信规约	124
第五节 变电站综合自动化系统的通信网络	131
思考题	136
第六章 变电站综合自动化的监控系统	137
第一节 监控系统的基本功能	137

第二节	监控系统的典型结构及软件	143
第三节	监控系统的界面及其使用	148
第四节	遥控操作及其实例	154
第五节	监控系统的继电保护工程师站及远动主站	160
思考题	.....	164
第七章	变电站综合自动化系统二次回路	165
第一节	变电站综合自动化系统二次回路概述.....	165
第二节	6kV 线路的保护、测量、控制二次回路	166
第三节	35kV 线路保护、测量、控制二次回路	170
第四节	110kV 输电线路的保护、测量、控制二次回路	174
第五节	主变压器的保护、测量、控制二次回路	177
思考题	.....	181
第八章	变电站综合自动化系统的可靠性问题	182
第一节	概述.....	182
第二节	变电站的干扰来源和干扰的影响	182
第三节	变电站综合自动化系统的抗干扰措施.....	186
第四节	综合自动化系统的自动检测技术	189
思考题	.....	192
第九章	变电站综合自动化系统的调试、维护、运行	193
第一节	综合自动化系统的调试	193
第二节	综合自动化系统的运行管理	197
第三节	综合自动化系统的使用与维护	203
思考题	.....	206
参考文献	.....	207

第一章 变电站综合自动化系统概述

主要知识点:

- (1) 传统变电站与综合自动化站之间的不同;
- (2) 变电站综合自动化的概念;
- (3) 变电站自动化的基本特征;
- (4) 变电站综合自动化系统基本功能;
- (5) 变电站综合自动化系统的结构体系;
- (6) 变电站综合自动化系统的配置模式;
- (7) 变电站自动化的现状及发展趋势。

第一节 变电站综合自动化的概念

一、变电站综合自动化概念

常规变电站二次系统应用的特点是变电站采用单元间隔的布置形式,其主要包括四个部分,即继电保护、故障录波、当地监控以及远动部分。这四个部分不仅完成的功能各不相同,其设备(装置)所采用的硬件和技术也完全不同,装置之间相对独立,装置间缺乏整体的协调和功能优化,输入信息不能共享、接线比较复杂、系统扩展复杂,主要有以下几方面的问题。

(1) 信息不共享。变电站二次系统接入的信息大致可以分为:①电力系统运行信息,如电流、电压、频率等;②变电站设备运行状态信息,如一次设备、二次设备是否投运等;③变电站设备异常信息,如测控装置异常、保护装置直流消失等;④电网事故信息,如断路器、保护动作跳闸等。由于信息采集部分来自于不同的TA,因此,作为变电站二次系统应用主要环节的测控、保护、故障录波器系统信息的应用、处理分属于不同的专业管理部门。继电保护、故障录波、当地监控和远动装置的硬件设备,基本上按各自的功能配置,独立运行。

(2) 二次系统的硬件设备型号多、类别杂,很难达到标准化。

(3) 大量电线电缆及端子排的使用,既增加了投资,又得花费大量人力从事众多装置间联系的设计、配线、安装、调试、修改或补充。有资料表明,对于一个高压变电站,每一个站间隔大约有248条出线;对于一个中压变电站的间隔,则为20~40条出线。

(4) 常规二次系统是一个被动的系统,继电保护、自动装置、远动装置等大多采取电磁型或小规模集成电路,缺乏自检和自诊断能力,不能正常地指示其自身内部故障,因而必须定期对设备功能加以测试和校验。这不仅加重了维护工作量,更重要的是不能及时了解系统的工作状态,有时甚至影响对一次系统的监视和控制。

(5) 传统变电站远动功能不够完善,提供给调度控制中心的信息量少、精度差,且变电站内自动控制和调节手段不全,缺乏协调和配合力量,难以满足电网实时监测和控制的要求。

(6) 在常规监控系统的变电站中,主要由人来处理信息,人是整个监控系统的核心。由

于人处理信息的能力有限，使信息处理的正确性和可靠性不高。

(7) 常规监控系统中使用的指示性表计绝大多数是模拟式的，即把各种被测量的大小转换成指针机械位置的变化，人根据指针位置和表盘刻度来判断被测量的大小。由于指针位置和被测量之间的对应关系存在误差，且人在观察指针位置时也存在误差，使信息处理的准确性不高。

(8) 常规监控系统的信号装置大多数是通过音响和灯光来表示事件的发生的。音响和灯光不能如实地提供给人关于事故发生情况下的具体信息，往往要靠人的经验去判断，这不仅对正确处理事故不利，同时也不能对继电保护和自动装置的动作情况进行全面的考核。

(9) 常规监控系统中采用的表计、光字信号牌、位置指示灯在运行时不仅会产生较大的功耗，而且其体积较大，使得控制室的面积也大。

随着电子技术、计算机技术的迅猛发展，微机在电力系统自动化中得到了广泛的应用，先后出现了微型机继电保护装置、微型机故障录波器、微机监控和微机远动装置。这些微机装置尽管功能不一样，但其硬件配置却大体相同，主要由微机系统、状态量、模拟量的输入和输出电路等组成。

变电站综合自动化系统的核心就是利用自动控制技术、信息处理和传输技术，通过计算机软硬件系统或自动装置代替人工进行各种变电站运行操作，对变电站执行自动监视、测量、控制和协调的一种综合性的自动化系统，变电站综合自动化的范畴包括二次设备，如控制、保护、测量、信号、自动装置和运动装置等。

变电站综合自动化系统在二次系统具体装置和功能实现上，用计算机化的二次设备代替和简化了非计算机设备；数字化的处理和逻辑运算代替了模拟运算和继电器逻辑。相对于常规变电站二次系统，变电站综合自动化系统增添了变电站主计算机系统和通信控制管理两部分。通信控制管理作为桥梁联系变电站内部各部分之间、变电站与调度控制中心之间使其相互交换数据，并对这一过程进行协调、管理和控制。变电站主计算机系统对整个综合自动化系统进行协调、管理和控制，并向运行人员提供变电站运行的各种数据、接线图、表格等画面，使运行人员可远方控制断路器分、合操作，还提供运行和维护人员对自动化系统进行监控和干预的手段。变电站主计算机系统代替了很多过去由运行人员完成的简单、重复和繁琐的工作，如收集、处理、记录、统计变电站运行数据和变电站运行过程中所发生的保护动作，断路器分、合闸等重要事件，同时，还可按运行人员的操作命令或预先设定执行各种复杂的工作。

变电站综合自动化可以描述为：将变电站的二次设备（包括测量仪表、信号系统、继电保护、自动装置、远动装置等）经过功能的组合和优化设计，利用先进的计算机技术、现代电子技术、通信技术和信号处理技术，实现对全变电站的主要设备和输、配电线路的自动监视、测量、自动控制和微机保护，以及与调度通信等综合性的自动化功能。在国内，也可以说是包含传统的自动化监控系统、继电保护、自动装置等设备，是集保护、测量、监视、控制、远传等功能为一体，通过数字通信及网络技术来实现信息共享的一套微机化的二次设备及系统。

可以说，变电站综合自动化系统就是由基于微电子技术的智能电子装置（Intelligent Electronic Device, IED）和后台控制系统所组成的变电站运行控制系统，包括监控、保护、电能质量自动控制等多个子系统。在各子系统中往往又由多个 IED 组成，例如，在微机保护子系统中包含各种线路保护、变压器保护、电容器保护、母线保护等。这里提到的智能电子装置（IED），可以描述为“由一个或多个处理器组成，具有从外部源接收和传送数据或

控制外部源的任何设备，即电子多功能仪表、微机保护、控制器，在特定环境下在接口所限定范围内能够执行一个或多个逻辑接点任务的实体”。

110kV 变电站综合自动化系统的基本配置如图 1-1 所示。

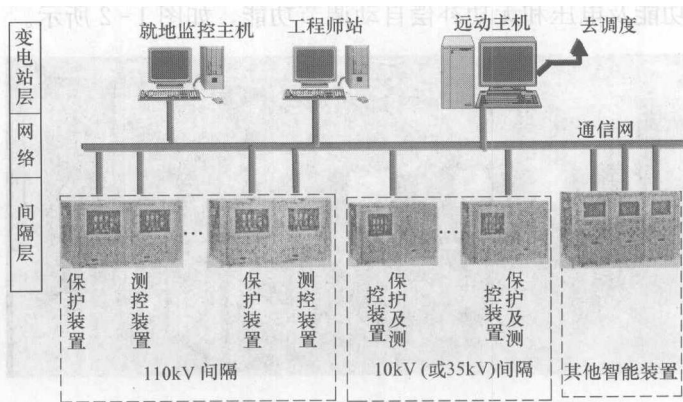


图 1-1 110kV 变电站综合自动化系统的基本配置

在图 1-1 中，就地监控主机用于有人值班变电站的就地运行监视与控制，同时具有运行管理的功能，如生成报表、打印报表等。远动主机收集本变电站信息并上传至调度端（或者控制中心），同时将调度端下发的控制、调节命令分送给相应间隔层的测控装置，完成控制或调节任务。工程师站用于软件开发与管理功能，如用于监视全厂的继电保护装置的运行状态，收集保护事件记录及报警信息，收集保护装置内的故障录波数据并进行显示和分析，查询全厂保护配置，按权限设置修改保护定值，进行保护信号复归，投退保护等。110kV 线路按间隔分别配置保护装置与测控装置。10kV（或 35kV）线路按间隔分别配置保护及测控综合装置。每一个保护、测控装置或保护及测控综合装置都集成了 TCP/IP 协议，具备网络通信的功能。其他智能设备（如电能表）一般采用 RS-485 通信，通过智能设备接口接入以太网。不同厂家的通信系统具有不同的结构，相关内容将在本书的其他章节详细讲解。

变电站综合自动化系统中以监控主机代替了传统变电站中的控制屏、中央信号系统和远动屏，监控主机中运行主界面的数字式显示代替了电磁型或晶体管型仪表，基于计算机技术的数字式保护代替电磁型或晶体管型的继电保护，彻底改变了常规的继电保护装置不能与外界进行数据交换的缺陷。因此，变电站综合自动化系统是自动化技术、计算机技术和通信技术等高科技在变电站领域的综合应用。变电站综合自动化系统可以采集到电力系统比较齐全的数据和信息，利用计算机的高速计算能力和逻辑判断功能，方便地监视和控制变电站内各种设备的运行和操作。图 1-2 展示了一套在线运行的变电站综合自动化系统。

二、变电站综合自动化系统基本特征

变电站综合自动化就是通过监控系统的局域网通信，将微机保护、微机自动装置、微机远动装置采集的模拟量、开关量、状态量、脉冲量及一些非电量信号，经过数据处理及功能的重新组合，按照预定的程序和要求，对变电站实现综合性的监视和调度。因此，综合自动化的核心是自动监控系统，而综合自动化的纽带是监控系统的局域通信网络，它把微机保护、微机自动装置、微机远动装置综合在一起形成一个具有远方数据功能的自动监控系统。变电站综合自动化系统最明显的特征表现在以下几个方面。

(1) 功能实现综合化。变电站综合自动化技术是在微机技术、数据通信技术、自动化技术基础上发展起来的。它综合了变电站内除一次设备和交、直流电源以外的全部二次设备。

微机监控系统综合了变电站的仪表屏、操作屏、模拟屏、变送器屏、中央信号系统等功能、远动的 RTU 功能及电压和无功补偿自动调节功能, 如图 1-2 所示。

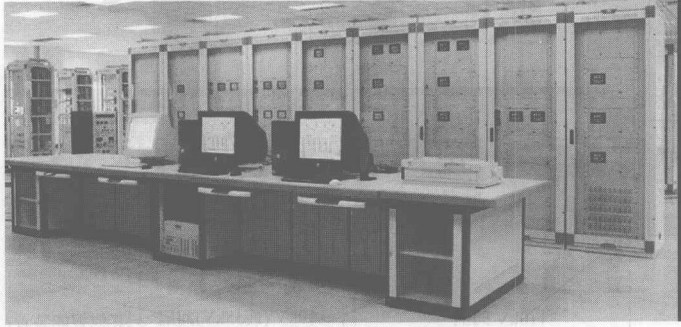


图 1-2 一套在线运行的变电站综合自动化系统

微机保护(和监控系统一起)综合了事件记录、故障录波、故障测距、小电流接地选线、自动按频率减负荷、自动重合闸等自动装置功能, 设有较完善的自诊断功能。

如南瑞集团针对中低压变电站的 DSA 系列变电站保护监控一体化装置(如图 1-3 所示), 使调度端可对变电站进行远方监控, 对微机保护装置进行修改定值、投入或闭锁局部保护功能、信号复归等操作, 实现电压无功控制, 满足变电站管理要求, 适用于无人值班变电站。保护测控单元直接配置到每一个配电间隔, 节约了大量的信号线与控制线, 减轻了 CT 的负担, 减少了设计、安装和调试的工作量, 缩短了投运周期。

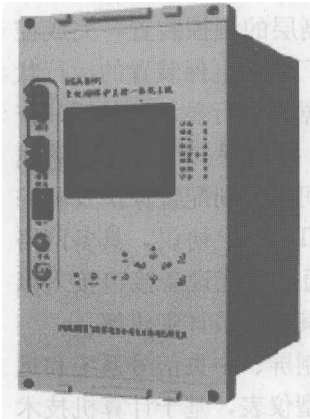


图 1-3 DSA 系列变电站
保护监控一体化装置

需要指出的是, 综合自动化的综合功能, “综合”并非指将变电站所要求的功能以“拼凑”的方式组合, 而是指在满足基本要求的基础上, 达到整个系统性能指标的最优化。对于中央信号系统及仪表和对设备控制操作的功能综合是通过监控系统的全面综合, 而对于微机保护及一些重要的自动装置(如备用电源自动投入)是接口功能综合, 是在保证其独立的基础上, 通过远方自动监视与控制而实现的, 例如对微机保护装置仍然要求保证其功能的独立性, 但通过对保护状态及动作信息的监视及对保护整定值查询修改, 保护的投退、录波远传、信号复归等远方控制来实现其对外接口功能的综合。这种综合的监控方式, 既保证了保护和一些重要自动装置的独立性和可靠性, 又把保护和自动装置的自动化性能提高到一个更高的水平。

(2) 系统构成模块化。保护、控制、测量装置的数字化(采用微机实现, 并具有数字化通信能力), 利于把各功能模块通过通信网络连接起来, 便于接口功能模块的扩充及信息的共享。另外, 模块化的构成, 方便变电站实现综合自动化系统模块的组态, 以适应工程的集中式、分布分散式和分布式结构集中式组屏等方式。

(3) 结构分布、分层、分散化。综合自动化系统是一个分布式系统, 其中微机保护、数据采集和控制以及其他智能设备等子系统都是按分布式结构设计的, 每个子系统可能有多个

CPU 分别完成不同功能, 由庞大的 CPU 群构成了一个完整的、高度协调的有机综合(集成)系统。这样的综合系统往往有几十个甚至更多的 CPU 同时并列运行, 以实现变电站自动化的所有功能。

另外, 按照变电站物理位置和各子系统功能分工的不同, 综合自动化系统的总体结构又按分层原则来组成。按 IEC(国际电工委员会)标准, 典型的分层原则是将变电站自动化系统分为两层, 即变电站层和间隔层, 如图 1-1 所示。

随着技术的发展, 自动化装置逐步按照一次设备的位置实行就地分散安装, 由此可构成分散(层)分布式综合自动化系统。

(4) 操作监视屏幕化。变电站实现综合自动化后, 不论是有人值班还是无人值班, 操作人员不是在变电站内, 就是在主控站或调度室内, 面对彩色屏幕显示器, 对变电站的设备和输电线路进行全方位的监视与操作。常规庞大的模拟屏(见图 1-4 或图 1-5)被 CRT 屏幕

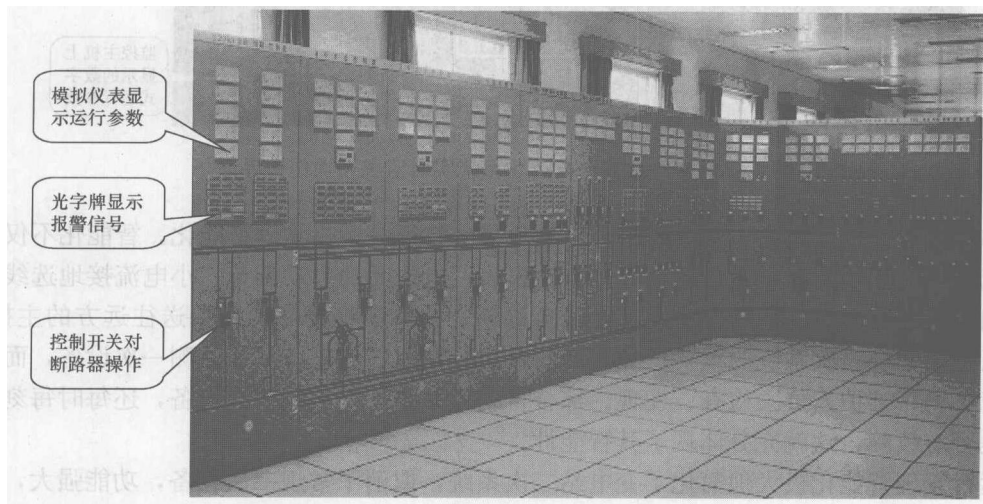


图 1-4 常规变电站的监视、操作、光字牌报警信号屏

上的实时主接线画面取代(见图 1-6); 常规在断路器安装处或控制屏进行的跳、合闸操作, 被 CRT 屏幕上的鼠标操作或键盘操作取代; 常规的光字牌报警信号被 CRT 屏幕画面闪烁和文字提示或语音报警取代, 即通过计算机上的 CRT 显示器, 可以监视全变电站的实时运行情况和对各开关设备进行操作控制。

(5) 通信局域网络化、光缆化。计算机局域网网络技术和光纤通信技术在综合自动化系统中得到普遍应用。因此, 系统具有较高的抗电磁干扰的能力, 能够实现高速数据传送, 满足实时性要求, 组态更灵活, 易于扩展, 可靠性大大提高, 而且大大简化了常规变电站繁杂量大的各种电缆, 方便施工。

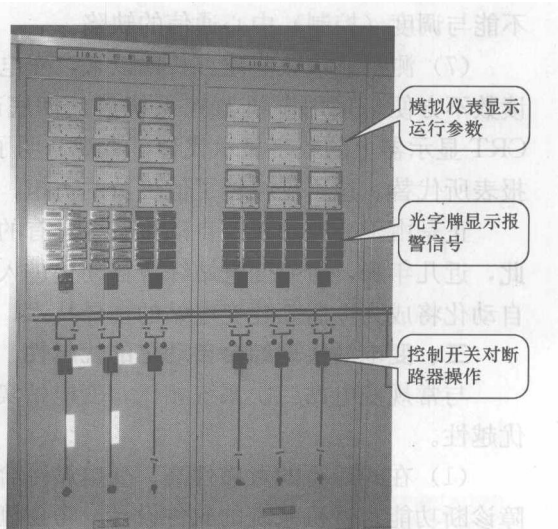


图 1-5 常规线路控制屏

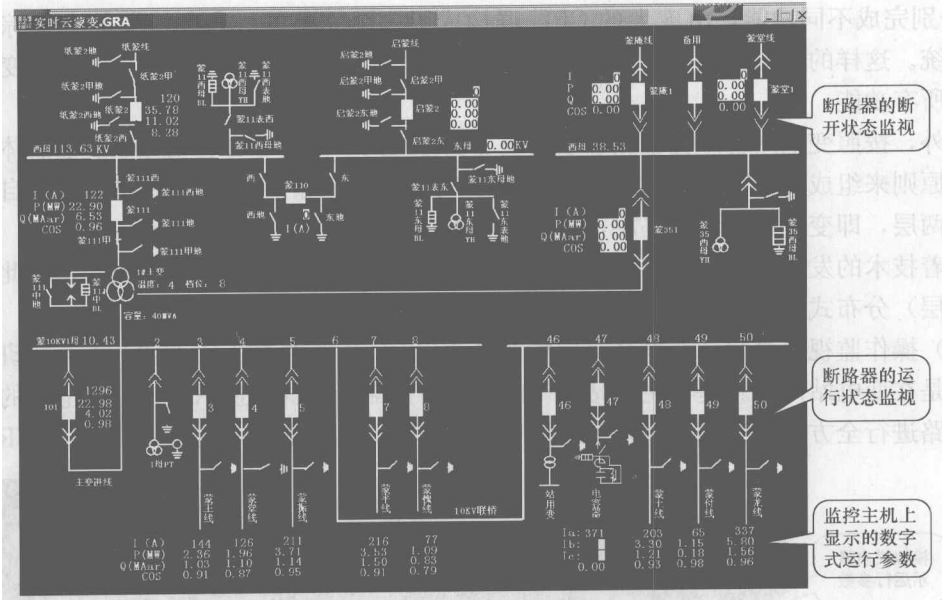


图 1-6 变电站综合自动化系统实时监视与操作主界面

(6) 运行管理智能化。变电站综合自动化另一特征是运行管理智能化。智能化不仅表现在常规的自动化功能上,如自动报警、自动报表、电压无功自动调节、小电流接地选线、事故判别与处理等方面,还表现在能够在线自诊断,并不断将诊断的结果送往远方的主控端。这是区别于常规二次系统的重要特征。简而言之,常规二次系统只能监测一次设备,而本身的故障必须靠维护人员去检查、发现。综合自动化系统不仅监测一次设备,还每时每刻检测自身是否有故障,这就充分体现了其智能性。

运行管理智能化极大地简化了变电站二次系统,取消了常规二次设备,功能强大,信息齐全,可以灵活地按功能或间隔形成集中组屏或分散(层)安装的不同系统组态。进一步说,综合自动化系统打破了传统二次系统各专业界限和设备划分原则,改变了常规保护装置不能与调度(控制)中心通信的缺陷。

(7) 测量显示数字化。长期以来,变电站采用指针式仪表作为测量仪器,其准确度低、读数不方便。采用微机监控系统后,彻底改变了原来的测量手段,常规指针式仪表全被 CRT 显示器上的数字显示代替,直观、明了。而原来的人工抄表记录则完全由打印机打印、报表所代替。这不仅减轻了值班员的负担,而且提高了测量精度和管理的科学性。

正是由于变电站综合自动化系统具有的上述明显特征,使其发展具有强劲的生命力。因此,近几年来,研究变电站综合自动化进入了高潮,其功能和性能也不断完善。变电站综合自动化将成为今后新建变电站的主导技术,且日益普及。

三、变电站实现综合自动化的优越性

与常规变电站二次系统相比,变电站实现综合自动化可以在以下几个方面体现出独特的优越性。

(1) 在线运行的可靠性高。变电站综合自动化系统可以利用软件实现在线自检,具有故障诊断功能。微机系统的软件设计,考虑到了电力系统各种复杂的故障,具有很强的综合分析和判断能力,在软件程序的指挥下,微机系统可以在线实时地对有关硬件电路中各个环节

进行自检；利用有关的硬件和软件相结合技术，可有效防止干扰进入微机系统后可能造成的严重后果，更为重要的是变电站综合自动化系统中的各子系统，如微机保护装置和微机自动装置具有故障自诊断功能。使变电站的一次、二次设备运行的可靠性已经远远超过了常规变电站。

(2) 供电质量高。由于在变电站综合自动化系统中包括电压无功自动控制功能，故对于具有有载调压变压器和无功补偿电容器的变电站，可以大大提高电压合格率，保证电力系统主要设备和各种电器设备的安全，使无功潮流合理，降低网损，节约电能损耗。

(3) 专业综合，易于发现隐患，处理事故恢复供电快。变电站传统的二次设备专业分工过细，每块配电盘都固定地隶属于一个专业来维护，这样不利于综合监视运行情况，也不利于发现隐患，一旦发生事故，恢复供电的时间较长。实现综合自动化以后，各专业综合考虑，并装备有先进的计算机，可以收集众多需要的数据和信号，利用计算机高速计算和正确判断的能力，将数据和信号经计算机处理后，以综合的结果反映给值班人员，还可提供事件分析的结果以及如何处理的参考意见。这样可以很快地发现问题，很快处理事故，尽早恢复供电，对提高供电的可靠性起着重要的作用。

(4) 变电站运行管理的自动化水平高。在常规变电站中，由于装设的二次系统仅适合于肉眼监视、人工抄表、手动操作，很难采用计算机技术进行高水平的自动化管理。最简单的例子，人工抄表所记录的数据误差大、离散性高、可信度低，更重要的是所记录的报表无法再利用，长年累月大量堆积，无法从中得到有用的数据。采用综合自动化系统以后，可以将这些宝贵的数据记录在历史库中，必要时可以从中得到重要的数据，为电力调度、系统的规划等提供重要的依据。变电站实现自动化后，监视、测量、记录、抄表等工作都由计算机自动进行，既提高了测量的精度，又避免了人为的主观干预，运行人员只要通过观看 CRT 屏幕，即可对变电站主要设备和各输、配电线路的运行工况和运行参数一目了然。综合自动化系统具有与上级调度通信功能，可将检测到的数据及时送往调度中心，使调度员能及时掌握各变电站的运行情况，也能对它进行必要的调节和控制，且各种操作都有事件记录可供查阅，大大提高了运行管理水平。

(5) 减少控制电缆，缩小占地面积。变电站实现综合自动化以后，需要获得电力系统测量数据和运行信息的各个部分都可以统一考虑，统一规划，获得的所有数据和信号可以由各个部分分享，这样就可以节省大量的控制电缆。变电站综合自动化系统，由于采用计算机和通信技术，可以实现资源共享和信息共享，同时由于硬件电路多采用大规模集成电路，结构紧凑、体积小、功能强，与常规的二次设备相比，可以大大缩小变电站的占地面积，而且随着处理器和大规模集成电路的不断降价，微计算机性能/价格比逐步上升，发展的趋势是综合自动化系统的造价会逐渐降低，而性能功能会逐步提高，因而可以减少变电站的总投资。

(6) 维护调试方便。由于综合自动化系统中，各子系统有故障自诊断能力，系统内部有故障时能自检故障部位，缩短了维修时间。微机保护和自动装置的定值又可在线读出和检查，可节约定期核对定值的时间。

(7) 为变电站实现无人值班提供了可靠的技术条件。变电站有人值班和无人值班是变电站运行管理的一种模式，而变电站综合自动化是自动化技术在变电站应用的一种集中体现。变电站综合自动化系统可以收集到非常齐全的数据信息，有强大的计算机计算能力和逻辑判

断功能，可以极方便地监视和控制变电站的各种设备。如监控系统的抄表、记录自动化，值班员可不必定期抄表、记录，可实现少人值班，如果配置了与上级调度的通信功能，还能实现遥测、遥信、遥控、遥调。因此，目前新建的变电站在投资允许的情况下，采用综合自动化系统，不仅可以全面提高无人值班变电站的技术水平，也为变电站安全稳定运行提供了可靠保证。

当然，变电站实现综合自动化技术后，也出现了一些问题，下面简要介绍这方面的内容。

四、变电站综合自动化系统的现状及其存在的问题

1. 变电站自动化系统的技术标准问题

目前变电站自动化系统的设计还没有统一标准，变电站自动化系统的标准问题（其中包括技术标准、自动化系统模式、管理标准等问题）是当前迫切需要解决的问题。

2. 生产厂家的问题

目前在变电站自动化系统选型当中存在着如所选系统功能不够全面，产品质量不过关，系统性能指标达不到要求等情况。由于我国市场经济体制不成熟，厂家过分重视经济利益，用户过分追求技术含量，因而一批技术含量虽较高，但产品并不过关，甚至结构、可靠性很差的所谓高技术产品仍能不断使用；生产厂家对变电站自动化系统的功能、作用、结构及各项技术性能指标宣传和介绍不够，导致电力企业内部专业人员对系统认识不透彻，造成设计漏洞较多。

3. 不同产品的接口问题

IED接口是变电站自动化系统中非常重要的问题之一，包括RTU与通信控制器、保护与通信控制器、小电流接地装置与通信控制器、故障录波与通信控制器、无功装置与通信控制器、通信控制器与主站、通信控制器与模拟盘等设备之间的通信。这些不同厂家的产品要在数据接口方面沟通，需花费软件人员很大精力去协调数据格式、通信规约等问题。

4. 变电站自动化系统的传输规约和传输网络选择的问题

要实现变电站自动化系统标准化，就要实现传输规约的标准化和传输网络的标准化，只有做到传输规约和网络的统一，才能实现变电站自动化系统内设备的互换性。这一点对于变电站自动化技术的发展也是非常重要的。因此，为适应这种形势的发展，IED逐步提出了传输规约技术标准。

5. 变电站自动化系统的开放性问题

变电站自动化系统应能实现不同厂家生产的设备的互操作性（互换性），应能包容变电站自动化技术新的发展要求，必须考虑和支持变电站运行功能的要求。而现有的变电站自动化系统却不能满足这样的要求，各厂家的设备之间接口困难，甚至不能连接，从而造成各厂家各自为政，重复开发，浪费了大量的财力物力。另外，各种屏体及设备的组织方式不尽相同，为维护和管理带来许多问题。在现有的综合自动化设备中，厂家数量较多，各厂不同系列的产品造成产品型号复杂，备品备件难以实现，设备运行率低。

6. 变电站自动化系统组织模式选择的问题

变电站自动化系统实现的方案随着变电站的规模、复杂性、变电站在电力系统的地位、所要求的可靠性以及变电层和过程层总线的数据流速的不同而变化。如果一个变电站自动化

系统模式选择合适,不仅可以节省投资、节约材料,而且由于系统功能全、质量高,其可靠性高、可信度大,更便于运行操作。因此,把好变电站自动化系统的选择关意义十分重要。目前应用较广泛的变电站自动化系统的结构形式主要有集中式、分散与集中相结合和全分散式三种类型。

7. 现行的电力管理体制与变电站自动化系统关系的问题

变电站自动化系统的建设,使得继电保护、远动、计量、变电运行等各专业相互渗透,传统的技术分工、专业管理已经不能适应变电站综合自动化技术的发展,变电站远动与保护专业虽然有明确的专业设备划分,但其内部联系已经成为不可分割的整体,一旦有设备缺陷,均需要两个专业同时到达现场检查分析,有时会发生扯皮推诿责任的情况,造成极大的人力资源浪费,而且两专业衔接部分的许多缺陷问题成为“两不管地带”,不利于开展工作。

在专业管理上,综合自动化变电站设备的运行、检修、检测,尤其是远动系统的实时性、遥测精度、遥信变位响应速度、信号复归和事故总信号等问题仍需要规范和加强,对传动实验及通道联测的实现、软件资料备份等问题提出了新的课题内容。

8. 运行维护人员水平不高的问题

解决好现行的变电站自动化系统管理体制和技术标准等问题的同时,还要培养出一批高素质的专业队伍。目前,变电站自动化系统绝大部分设备的维护依靠厂家,在专业管理上几乎没有专业队伍,出了设备缺陷即通知相应的厂家来处理,从而造成缺陷处理不及时等一系列问题。要想维护、管理好变电站自动化系统,首先要成立一只专业化的队伍,培养出一批能跨学科的复合型人才,加宽相关专业之间的了解和学习。其次,变电站自动化专业的划分应尽快明确,杜绝各基层单位“谁都管而谁都不管”的现象。变电站自动化专业的明确,对于加强电网管理水平,防止电网事故具有重大意义。

9. 硬件很快过时问题

由于电子技术和微机技术的不断发展,电子产品不断更新换代,从而也促进了变电站综合自动化产品的硬件不断更新、使硬件很快过时。已运行几年的综合自动化装置可能不需要新的装置来置换。

不过,这些优缺点取决于技术方面,同时又与各国的技术经济发展状况有关。随着技术的不断更新和完善,以及运行人员技术水平的不断提高,变电站综合自动化技术必将发挥它应有的巨大作用。

第二节 变电站综合自动化系统的基本功能

一般来说,变电站综合自动化的内容应包括变电站电气量的采集和电气设备(如断路器)的状态监视、控制和调节,实现变电站正常运行的监视和操作,保证变电站的正常运行和安全。当发生事故时,由继电保护和故障录波等完成瞬态电气量的采集、监视和控制,并迅速切除故障,完成事故后的恢复操作。从长远来看,还应包括高压电气设备本身的监视信息(如断路器、变压器、避雷器等的绝缘和状态监视等)。

由于变电站有多种电压等级,在电网中所起的作用不同,变电站综合自动化在实现的目标上可分为以下两种情况。

(1) 对 220kV 及以下中、低压变电站,采用自动化系统,利用现代计算机和通信技术,