

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

变电站综合自动化技术

路文梅 主编 李铁玲 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

高职高专“十五”规划教材

GAOZHI
GAOZHUAN
SHIWU
GUIHUA JIAOCAI

变电站综合自动化技术

主 编 路文梅
副主编 李铁玲
编 写 贾会荣
主 审 王向东



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力高等职业教育教材建设指导委员会推荐使用教材。

本书系统地阐述了变电站综合自动化系统的功能、原理、结构、以及相关技术和应用,共分13章,主要包括:变电站综合自动化的发展过程、变电站综合自动化的优越性、变电站综合自动化系统的功能,变电站综合自动化系统的设计原则和结构形式,数字量和模拟量输入/输出通道的组成及原理、保护和监控常用的算法,变电站综合自动化微机保护子系统、监控系统、电压和无功综合控制子系统、备用电源自投、小电流接地系统单相接地故障检测等子系统的功能原理及结构特点,变电站综合自动化的数据通信原理和技术,变电站综合自动化系统的可靠性问题,变电站综合自动化装置实例,变电站综合自动化系统的运行管理、维护和调试等知识。

本书理论联系实际,具有先进性、系统性、通俗易懂、实用性强的特点,可作为高等职业教育电气类专业教材,可供电力行业的相关工程技术人员和大专院校有关师生参考,也可作为变电站综合自动化系统技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

变电站综合自动化技术/路文梅主编. —北京:中国
电力出版社,2004

高职高专“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2081-6

I.变... II.路... 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(2004)第060429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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004年8月第一版 2004年8月北京第一次印刷
787毫米×1092毫米 16开本 16印张 369千字
印数0001—3000册 定价25.00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)

序

随着新世纪的到来,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。新世纪新阶段的新任务,对我国高等职业教育提出了新要求。我国加入世界贸易组织和经济全球化迅速发展的新形势,也要求高等职业教育必须开创新局面。

高职高专教材建设是高等职业教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高等职业教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会会同中国高等职业技术教育研究会和中国电力出版社,组织有关专家对高职高专“十五”教材规划工作进行研究,在广泛征求各方面意见的基础上,制订了反映电力及相关行业特点、体现高等职业教育特色的高职高专“十五”教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会筹备组建全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动新世纪电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专“十五”规划教材紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展编写工作。基础课程教材注重体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材着重加强针对性和实用性。同时,“十五”规划教材不仅注重内容和体系的改革,还注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专“十五”规划教材还着力推动高等职业教育人才培养模式改革,促进高等职业教育协调发展。相信通过我们的不断努力,一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,很快就能陆续推出,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在高职高专“十五”教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、国家电力公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、中国电力出版社、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务,不可能一蹴而就,需要不断完善。因此,在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222)

中国电力教育协会

二〇〇二年十二月

前 言

我国变电站综合自动化的研究、开发和应用始于 20 世纪 80 年代中、后期, 90 年代逐渐形成高潮, 目前已发展成一个相对独立的技术领域, 变电站综合自动化技术的应用推进了配电网自动化和调度自动化的进展和技术水平的提高。随着全国范围内电网建设和改造的深入进行, 配电网改造和配电系统自动化工作在全国范围内已深入开展, 变电站综合自动化技术应用更为广泛。变电站综合自动化技术随着计算机技术、数字信号处理技术、通信技术等新技术成果的应用而不断发展和完善。

为了满足高职高专教材建设的要求, 同时也为了帮助电力企业从事变电站综合自动化的运行维护工作的技术人员全面系统地了解变电站综合自动化的基本概念、功能、原理、理论基础及最新知识和最新技术, 结合多年从事电力系统自动化的教学和生产经验, 编写了此书。

本书依据高职高专“十五”规划教材的具体要求, 力求做到深入浅出、通俗易懂, 在系统阐述基础理论的前提下, 注重实用性, 结合许多具体实例进行讲解, 使读者更易理解和掌握。

本书第三、四、五、六、八、九、十章由路文梅副教授编写, 第一、二、七、十一、十二章由李铁玲高级实验师编写, 第十三章、第六章部分内容由贾会荣工程师编写。全书由路文梅主编, 李铁玲副主编。王向东高级工程师主审。本书在编写过程中征求了许多从事变电站综合自动化工作的专家的意见, 得到了许多同仁的大力支持和帮助, 在此一并表示深切的谢意。

由于变电站综合自动化的新技术不断发展, 加之作者水平有限, 书中错误和不足之处在所难免, 恳请专家和读者批评指正。

编 者

2004 年 3 月

目 录

序
前言

第一章 概述	1
第一节 变电站综合自动化的基本概念及发展过程	1
第二节 实现变电站综合自动化的优越性	3
第三节 变电站综合自动化系统的基本功能	5
第四节 变电站综合自动化系统的特点	7
第二章 变电站综合自动化系统的设计原则及结构形式	9
第一节 变电站综合自动化系统的基本设计原则	9
第二节 变电站综合自动化系统的结构形式	10
第三节 变电站综合自动化技术的发展方向	15
第三章 模拟量输入/输出系统	20
第一节 模拟量输入/输出通道的组成	20
第二节 采样及采样保持电路	23
第三节 多路转换开关	29
第四节 数/模 (D/A) 转换器	31
第五节 模/数 (A/D) 转换器	34
第六节 VFC 式数字采集系统	39
第四章 数字量的输入/输出系统	44
第一节 输入/输出 (I/O) 接口	44
第二节 CPU 对输入/输出数据的控制方式	46
第三节 输入/输出接口常用芯片	50
第四节 开关量的隔离和检测识别	53
第五节 开关量输入/输出电路	57
第六节 脉冲量计数电路	59
第五章 保护和监控常用的算法	62
第一节 概述	62

第二节	数字滤波	63
第三节	变电站综合自动化系统中常用的算法	68
第四节	算法的评价和选择	76
第六章	变电站综合自动化微机保护子系统	78
第一节	微机保护的优越性	78
第二节	变电站综合自动化微机保护子系统的功能及软件结构	79
第三节	输电线路的微机保护	82
第四节	变压器的微机保护	97
第五节	电力电容器微机保护	107
第六节	微机继电保护技术的新发展	109
第七章	变电站综合自动化监控子系统	113
第一节	监控子系统的功能及要求	113
第二节	监控子系统的基本组成	116
第三节	谐波分析与监视	119
第四节	人机对话系统	121
第五节	保护与测控集成系统	126
第八章	变电站综合自动化电压无功控制子系统	129
第一节	电压和无功控制的重要性及控制目标	129
第二节	变电站电压、无功综合控制的原理	130
第三节	电力系统的电压、无功综合控制方式	136
第四节	微机电压、无功综合控制装置原理	138
第九章	变电站综合自动化系统的其他子系统	143
第一节	自动按频率减负荷	143
第二节	备用电源自动投入装置	150
第三节	故障录波	157
第四节	小电流接地系统单相接地故障检测	161
第十章	变电站综合自动化的数据通信系统	164
第一节	综合自动化系统数据通信的基本概念	164
第二节	数字信号的调制与解调	167
第三节	数据通信的同步	170
第四节	差错控制	172
第五节	变电站综合自动化系统的通信内容	174

第六节	变电站信息传输规约	180
第七节	串行数据通信接口	186
第八节	综合自动化系统的通信网络	188
第十一章	变电站综合自动化系统的可靠性问题	197
第一节	概述	197
第二节	变电站电磁干扰产生的原因及后果	197
第三节	变电站抗电磁干扰的措施	200
第四节	变电站综合自动化系统的自动检测技术	205
第十二章	变电站综合自动化装置实例	211
第一节	变电站综合自动化系统的构成	211
第二节	微机变压器差动保护装置	213
第三节	微机变压器后备保护装置	220
第四节	微机线路保护测控装置	222
第五节	监控终端	226
第十三章	变电站综合自动化系统的运行管理、维护与调试	238
第一节	综合自动化系统的运行管理与使用维护	238
第二节	综合自动化系统的调试	243
参考文献		247

第一章

概 述

改革开放以来,随着我国国民经济的快速增长,电力系统也获得了前所未有的发展,传统的变电站已经远远不能满足现代电力系统管理模式的需求。因此,变电站综合自动化技术在电力行业中引起了越来越多的重视,并逐渐得到了广泛应用。本章将阐述变电站综合自动化的基本概念和发展过程,变电站实现综合自动化的优越性以及综合自动化系统的基本功能和特点。

第一节 变电站综合自动化的基本概念及发展过程

近年来,随着微电子技术、计算机技术和通信技术水平的不断进步,变电站综合自动化技术也得到了迅速发展。目前已成为新建与改造中低压变电站的主导技术。变电站综合自动化是指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,实现对变电站主要设备和输、配电线路的自动监视、测量、控制、保护以及与调度通信等综合性自动化功能。变电站综合自动化系统,即利用多台微型计算机和大规模集成电路组成的自动化系统,可以收集到所需要的各种数据和信息,利用计算机的高速计算能力和逻辑判断能力,监视和控制变电站的各种设备。

变电站综合自动化的发展过程大致可分为以下三个阶段。

一、分立元件的自动装置阶段

20世纪70年代以前,为了提高电力系统的安全与经济运行水平,各种功能的自动装置被陆续研制出来。如自动重合闸装置、低频自动减载装置、备用电源自投装置和各种继电保护装置等。这些装置主要采用模拟电路,由晶体管等分立元件组成。各装置独立运行,互不相干,且体积大、耗电多、维修周期短、缺乏智能性,没有故障自诊断能力,运行中若出现故障,不能提供告警信息。因此,需要有更高性能的装置来代替。

二、微机型智能自动装置阶段

1971年,世界上第一片微处理器在美国Intel公司问世之后,许多厂家纷纷开始研制,逐渐形成了以Intel、Motorola、Zilog公司为代表的三大系列微处理器。80年代,微处理器技术开始引入我国,并很快被应用于电力系统的各个领域,由晶体管等分立元件组成的自动装置逐步由大规模集成电路或微处理器所代替,出现了微机型继电保护装置、微机监控和微机远动装置等。由微处理器构成的自动装置具有智能化和计算能力强的显著优点,且装置本身

具有故障自诊断能力,大大提高了测量的准确性、监控的可靠性和自动化水平;但是仍有许多不足。例如,各装置尽管功能不同,其硬件配置都大体相同;除微机系统本身外,都具有对各种模拟量的数据采集系统和输入/输出接口电路,并且所采集的量和要控制的对象有许多也是相同的,显得设备重复设置;各装置的功能虽得到一些扩展,还不能解决变电站运行中存在的所有问题;多数装置间仍然是各自独立运行,不能相互通信与资源共享。解决这些问题的惟一途径即是研制出经过重新优化组合的、具有综合自动化功能的集合型装置。这便是变电站综合自动化装置的由来。

三、变电站综合自动化装置阶段

国外变电站综合自动化的研究工作始于70年代。英国、法国、意大利等国家于70年代末装设的运动装置都是微计算机型的。日本在微处理器应用于电力系统方面的工作虽然晚于欧美,但后来居上,于1975年在关西电子公司和三菱电气有限公司的协助下开始研究用于配电变电站的数字控制系统,1979年通过现场试验,1980年开始商品化生产。80年代以后,研究变电站综合自动化系统的国家和大公司越来越多。例如,德国西门子公司、ABB公司,美国西屋公司,法国阿尔斯通公司等都有自己的综合自动化系统产品。

我国变电站综合自动化的研究工作开始于80年代中期。最初的变电站自动化系统实际上是在RTU基础上加上以一台微机为中心的当地监控系统(如图1-1所示),不但未涉及继电保护,就连原有的传统的控制屏台也都还保留。这是国内变电站自动化技术的初级阶段。

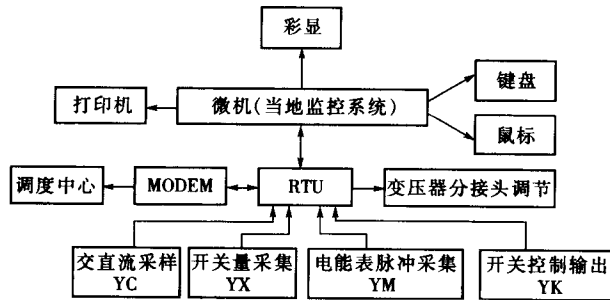


图 1-1 以 RTU 为基础的变电站自动化系统

80年代后期,进行变电站综合自动化技术研究的高等学校、科研单位、生产厂家逐渐增加。进入90年代,由于数字保护技术(即微机保护)的广泛应用,使变电站自动化技术取得实质性进展。90年代初研制的变电站自动化系统是在变电站控制室内设置计算机系统作为变电站自动化的核心,另设置一数据采集和控制部件,用以采集数据和发出控制命令。微机保护柜除保护部件外,每柜有一管理单元,其串行口与变电站自动化系统的数据采集及控制部件相连,传送保护装置的各种信息和参数,整定和显示保护定值,投/停保护装置。此类集中式变电站自动化系统与初级阶段相比有了很大的进步。图1-2所示即是此类系统的典型框图。

90年代中期,随着计算机技术、网络技术及通信技术的飞速发展,同时结合变电站的实际情况,各类分散式变电站自动化系统相继研制成功和投入运行。分散式变电站自动化系

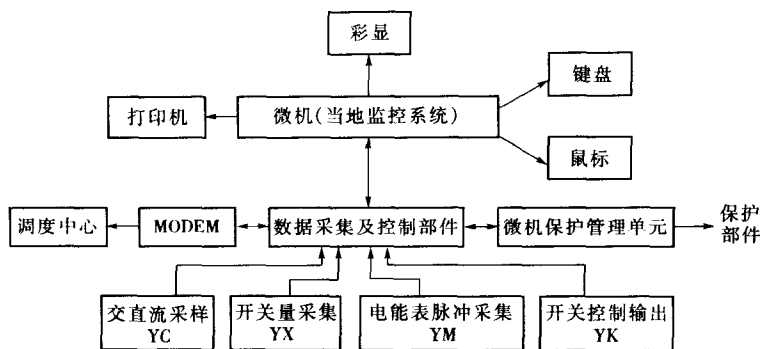


图 1-2 集中式变电站自动化系统典型框图

统的特点是，现场单元部件分别安装在中低压开关柜或高压一次设备附近。这些部件可以是集保护和测控功能为一体的综合性装置，用以处理各开关单元的继电保护和测控功能，也可以是现场的微机保护和测控部件分别保持其独立性。在变电站控制室内设置计算机系统，对各现场单元部件进行通信联系。通信方式可采用串行口，近几年更多地采用了网络技术。遥信、遥测量的采集及处理，遥控命令的执行和继电保护功能等均由现场单元部件独立完成，并将这些信息通过网络送至后台主计算机，而变电站自动化的综合功能均由后台主计算机系统承担。此类分散式变电站自动化系统结构与集中式变电站自动化系统结构相比又有了一个质的飞跃。

如今，变电站综合自动化技术更加成熟。以太网的 Internet 技术、Web 技术的嵌入式应用又给综合自动化技术的提高注入了新的活力，使其技术水平上了一个新的台阶。产品的功能和性能越来越完善，有的产品涵盖了 500~35kV 电压等级的输配电线路保护、主设备保护及测量控制系统，并提供了各个电压等级的变电站自动化的完整解决方案。各厂家生产的综合自动化装置迅速更新换代，不断有更先进的产品问世。变电站综合自动化技术已经逐渐成为我国电力工业推行技术进步的重点之一。实现变电站综合自动化是科学技术进步和发展的必然结果。

第二节 实现变电站综合自动化的优越性

变电站是电力系统中的一个重要组成部分，担负着电能转换和电能重新分配的重要任务，对电网的安全和经济运行起着举足轻重的作用。随着电力系统的发展，电网结构越来越复杂，各级调度中心需要获得更多的信息，以准确掌握电网和变电站的运行状况。同时，为提高电力系统的可控性，要求更多地采用远方集中监视和控制，并逐步采用无人值班管理模式。显然，传统变电站已远远不能适应现代电力系统管理模式的需求。

传统变电站一般都采用常规设备。二次设备中的继电保护和自动装置、远动装置等采用电磁式或晶体管式，体积大，设备笨重，因此主控室、继电保护室占地面积较大。常规装置结构复杂，可靠性低，维护工作量大。例如电磁式继电器易发生触点粘连，晶体管式保护装

置工作点易受环境温度影响等,且装置本身没有故障自诊断能力,只能靠一年一度的整定值校验或等到继电保护装置发生拒动或误动后才能发现问题。随着国民经济的持续发展,人民的生活质量和生活水平不断提高,家用电器越来越多地进入千家万户,各工矿企业和居民用户对保证供电质量的要求越来越高。衡量电能质量的主要指标是电压和频率,另外还应考虑谐波污染问题。频率主要由发电厂来调节,而合格的电压则需要发电厂和各变电站共同来保证,变电站也应该通过调节变压器分接头位置和控制无功补偿设备进行调节,但传统的变电站大多数不具备自动调压手段。对于谐波污染造成的危害,更没有引起足够的重视和采取有力措施,且缺乏科学的电能质量考核办法。电力系统要做到优质、安全、经济运行,必须及时掌握系统的运行工况,以便采取一系列的自动控制和调节手段。但传统变电站由于远动功能不全,一些遥测、遥信量无法实时送到调度中心,不能满足向调度中心及时提供运行参数的要求。变电站本身又缺乏自动控制和调控手段,因此无法进行实时控制,不利于系统的安全、稳定运行。

由于传统变电站存在上述缺点,采用更先进的技术改造变电站是一种必然趋势。最初我国对变电站监控技术的研究主要有两个方面:一是在220kV及以下中低压变电站中采用综合自动化技术,全面提高变电站的技术水平和运行管理水平;二是对高压变电站采用全新的保护技术和控制方式,以促进各专业在技术上的协调,提高自动化水平和运行的可靠性。但随着变电站综合自动化技术的不断完善和成熟,一些厂家已生产出可应用于高压变电站的综合自动化系统。总体来看,实现变电站综合自动化的优越性主要有以下几个方面。

(1) 提高供电质量。由于变电站综合自动化系统的功能中包括电压、无功自动控制功能,故对于具备有载调压变压器和无功补偿电容器的变电站,可根据实际运行工况进行实时调整与控制,大大提高电压合格率,且可使无功潮流更合理,降低网络中的电能损耗。

(2) 提高变电站的安全、可靠运行水平。传统的变电站二次设备专业分工过细,不利于综合监视运行情况和及时发现隐患,一旦发生事故,恢复供电的时间较长。实现综合自动化后,传统的专业框框完全被打破,利用计算机对统一收集到的数据和信号进行全面的分析与处理,这样可以尽早地发现问题和处理事故,尽快地恢复供电。变电站综合自动化装置都是由微机组成的,其配置灵活,灵敏度和可靠性高,调试方便,可用计算机在线监视继电保护运行参数及其工作状态,必要时可以从远方对某套保护参数重新进行整定。微机保护除了能迅速发现被保护对象的故障并将其切除外,还具有故障自诊断功能,使得变电站一次设备和二次设备的工作可靠性大大提高。

(3) 提高电力系统的运行管理水平。变电站实现综合自动化后,监视、测量、记录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,运行人员通过观看CRT屏幕便可掌握变电站主要设备和各输、配电线路的运行工况和运行参数。变电站综合自动化系统可以收集众多的数据和信号,利用微机的高速计算和逻辑判断能力,及时将综合结果反映给值班人员并送往调度中心,各种实时数据与历史数据均可在计算机上随时查阅,各种操作都有事件顺序记录,调度员不仅能及时掌握各变电站的运行情况,还可对它进行必要的远距离调节和控制,大大提高了运行管理水平。

(4) 降低造价,减少总投资。由于采用微计算机及通信技术,可以实现资源共享和信息

共享, 变电站综合自动化系统大大减轻电压互感器、电流互感器的负担, 降低了电能损耗, 并节省大量的控制电缆。综合自动化装置硬件电路多采用大规模集成电路, 结构紧凑, 体积小, 与常规二次设备相比占用空间减少数倍, 可以大大缩小变电站的占地面积。随着技术水平的不断进步, 微计算机的性能价格比不断上升, 综合自动化系统的功能和性能会逐渐更加完善和提高, 造价会越来越低, 最终可以大大减少变电站的总投资。

(5) 促进无人值班变电站管理模式的实行。变电站综合自动化装置均有故障自诊断能力, 系统内部有故障时能自检故障部位; 微机保护和自动装置的定值可在线读出检查, 或远距离重新整定; 监控系统的抄表、记录等工作自动化进行。因此, 变电站实现综合自动化后减少了许多维护工作量和维修时间以及值班人员的劳动, 为实现无人值班提供了可靠的技术条件。采用常规的二次设备, 只要装有 RTU 远动装置同样可实现无人值班, 但变电站综合自动化系统可以适应更高的要求, 显著提高无人值班变电站运行的可靠性和技术水平。自动化系统内部各单元间通过网络连接, 实现资源共享, 可以向调度中心提供更丰富的信息。调度中心也可远距离修改各微机保护子系统和各自动装置的定值, 检查各子系统的运行状态, 这是常规变电站无法达到的。因此, 无人值班变电站采用综合自动化方式是今后的发展方向。综合自动化促进了无人值班变电站管理模式的实行, 无人值班变电站也为综合自动化的实现和发展提供了广阔的空间。

当然, 变电站实现综合自动化也会带来一些新的问题。例如, 对长期从事传统监控装置维护、运行的人员来说技术较难掌握, 一旦出现问题就不得不依靠供货商来解决; 综合自动化装置的硬件更新换代非常快, 所选用的设备可能很快就变成落后产品; 监控软件有时存在难以发现的缺陷, 等等。随着综合自动化技术的不断进步和运行维护人员素质的不断提高, 这些问题会逐步得到解决。相信变电站综合自动化技术必将发挥它应有的巨大作用。

第三节 变电站综合自动化系统的基本功能

实现变电站综合自动化的目标是全面提高变电站的技术水平和管理水平, 提高供电质量和经济效益, 促进配电系统自动化的发展。变电站综合自动化的内容较广, 目前基本认为应包括: 完成电气量的采集和电气设备的状态监视、控制和调节; 实现变电站正常运行的监视和操作, 保证其运行的安全性和可靠性; 发生故障时完成瞬态电气量的采集和故障记录, 并迅速切除故障和完成恢复运行的正常操作; 将变电站所采集的各种信息和数据实时传送至远方调度中心或当地监控中心。变电站综合自动化是一门多专业性的综合技术, 它以微型计算机为基础, 实现了对变电站传统的继电保护、控制方式、测量手段、通信和管理模式的全面技术改造, 实现了电网运行管理的一次变革。仅从变电站自动化系统的构成和所完成的功能来看, 它是将传统变电站的监视控制、继电保护、自动控制和远动等装置所要完成的功能组合在一起, 用一个以计算机硬件、模块化软件和数据通信网构成的完整系统来代替。在变电站综合自动化系统的研究与开发过程中, 对其应包括哪些功能和要求曾经有不同看法。经过几年来的实践和发展, 目前这些看法已趋于一致。归纳起来变电站综合自动化系统有以下几种功能: 监视、控制功能; 自动控制功能; 测量功能; 保护功能; 接口功能; 系统功能。因

此,综合自动化系统的基本功能主要有以下几个方面:

1. 继电保护功能

变电站综合自动化系统中的继电保护主要包括输电线路保护、电力变压器保护、母线保护、电容器保护等。微机保护是综合自动化系统的关键环节,它的功能和可靠性如何,在很大程度上影响了整个系统的性能,因此设计时必须给予足够的重视。

2. 操作控制功能

变电站综合自动化系统应能取代常规的操作机构,取代常规的电磁式和机械式防误闭锁设备;取代常规远动装置等。无论是无人值班还是少人值班变电站,操作人员都可通过 CRT 屏幕对断路器和隔离开关进行分、合操作,对变压器分接头位置进行调节控制,对电容器组和电抗器组进行投、切控制;同时,要能接受遥控操作命令,进行远方操作。为防止计算机系统故障时无法操作被控设备,在设计上还应保留人工直接跳、合闸手段。

3. 测量与监视功能

综合自动化系统应取代常规的测量装置,如变送器、录波器、指针式仪表等;取代常规的告警、报警装置,如中央信号系统、光字牌等。

变电站的各段母线电压、线路电压、电流、有功及无功功率、温度等参数均属模拟量,将其通过模拟量输入通道转换成数字量,由计算机进行识别和分析处理,最后所有参数均可在自动化装置的面板上或当地监控主机上随时进行查询。在变电站的运行过程中,监控系统对采集到的电压、电流、频率、主变压器油温等量不断地进行越限监视,如有越限立即发出告警信号,同时记录和显示越限时间和越限值;出现电压互感器或电流互感器断线、差动回路电流过大、单相接地、控制回路断线等情况时也发出报警信号;另外,还要监视自控装置本身工作是否正常。

4. 事件顺序记录与故障录波和测距功能

事件顺序记录 SOE (Sequence of Events) 包括断路器合跳闸记录、保护动作顺序记录。微机保护或监控系统采集环节必须有足够的内存,以确保后台监控系统或远方监控主站通信中断时不丢失事件信息,并应记录事件发生的时间。变电站的故障录波和测距可采用两种方法实现:一是由微机保护装置兼作故障记录和测距。另一种方法是配置专用的微机故障录波仪,并能与监控系统通信。对于大量中、低压变电站没有配置专门的故障录波装置,如果出线数量大、故障率高,还可在监控系统中设置简单的故障记录功能。

5. 人机联系功能

变电站采用微机监控系统后,操作人员或调度员只要面对 CRT 显示器的屏幕,通过操作鼠标或键盘,则可观察和了解全站的运行工况和运行参数,对全站的断路器或隔离开关等进行分、合操作,彻底改变了传统的监控方式。人机联系的主要内容有显示画面与数据、输入数据、控制操作等。对于无人值班变电站也必须设置必要的人机联系功能,以便当巡视或检修人员到现场时,能通过液晶显示或 CRT 显示器观察到站内各设备的运行工况和运行参数;对断路器的控制应具有人工当地紧急操作的设施。

6. 电压、无功综合控制功能

变电站综合自动化系统必须具有保证安全、可靠供电和提高电能质量的自动控制功能。

电压是电能质量的重要指标之一，因此，电压、无功功率综合控制也是变电站综合自动化系统的一个重要组成部分。在电力系统中，电压和无功功率的调整对电网的输电能力、安全稳定运行水平和降低电能损耗有极大影响。因此，要对电压和无功功率进行综合调控，使电力系统的总体运行技术指标保持在最佳水平。

7. 低频减负荷控制

变电站综合自动化系统还应具有低频减负荷控制功能。电力系统的频率是电能质量的重要指标之一。当发生有功功率严重缺额的事故时，综合自动化系统应能够迅速断开部分负荷，减少系统的有功缺额，使系统频率维持在正常水平或允许范围内；同时，应尽可能做到有次序、有计划地切除负荷，以尽量减少切除负荷后所造成的经济损失。

8. 备用电源自投控制

随着国民经济的迅猛发展，用户对供电质量和供电可靠性的要求日益提高。备用电源自动投入是保证配电系统连续可靠供电的重要措施。因此，备用电源自投已成为变电站综合自动化系统的基本功能之一。因电力系统故障或其他原因使用户的工作电源被断开后，综合自动化系统应迅速将备用电源或备用设备或其他正常工作的电源自动投入工作，使工作电源被断开的用户能迅速恢复供电。

9. 通信功能

综合自动化系统的通信功能包括系统内部的现场级间的通信和自动化系统与上级调度的通信两部分。现场级间通信主要解决综合自动化系统内部各子系统与监控主机和各子系统之间的数据通信和信息交换问题，其通信范围是变电站内部。对于集中组屏的综合自动化系统，实际是在主控室内部的通信；对于分散安装的自动化系统，其通信范围是主控室与子系统的安装地点之间。通信方式有串行通信、并行通信、局域网络和现场总线等多种方式。

由于综合自动化系统必须兼有 RTU 的全部功能，故应该能够将所采集到的模拟量和开关状态信息，以及事件顺序记录等远传至调度端；同时，应该能够接收调度端下达的各种操作、控制、修改定值等命令。所使用的通信规约必须符合部颁标准，最常见的有 POLLING 和 CDT 两类规约。

第四节 变电站综合自动化系统的特点

变电站综合自动化系统的特点主要有以下几个方面。

一、功能综合化

变电站综合自动化系统是一个技术密集、多种专业技术相互交叉、相互配合的系统，是以微电子技术、计算机硬件和软件技术、数据通信技术为基础发展起来的。传统变电站内全部二次设备的功能均综合在此系统中。监控子系统综合了原来的仪表盘、操作屏、模拟屏和变送器柜、远动装置、中央信号系统等功能；保护子系统代替了电磁式或晶体管式继电保护装置；还可根据用户的需要，将微机保护子系统和监控子系统结合起来，综合故障录波、故障测距、自动低频减负荷、自动重合闸和小电流接地选线等自动装置功能。这种综合性功能是通过局域通信网络中各微机系统硬、软件的资源共享来实现的。

需要指出的是,对于中央信号、测量和控制操作等功能的综合是通过监控系统的全面综合,而对于一些重要的微机保护及自动装置则可能只是接口功能综合。例如在中、高压变电站中,微机保护装置一般仍然保持其功能的独立性,但通过对保护状态及动作信息的远方监视及对保护整定值的查询修改、保护的退投、录波远传和信号复归等远方控制来实现对外接口功能的综合。这种监控方式既保证了一些重要保护和自动装置的独立性和可靠性,又提高了整体的综合自动化水平。

二、分层、分布化结构

综合自动化系统内各子系统和各功能模块由不同配置的单片机和微型计算机组成,采用分布式结构,通过网络、总线将各子系统连接起来。一个综合自动化系统可以有多个微处理器同时并行工作,实现各种功能。另外,按照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。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。由此,构成了分层、分布式结构。

三、操作监视屏幕化

变电站实现综合自动化后,不论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,面对彩色大屏幕显示器进行变电站的全方位监视与操作。常规方式下的指针表读数,被屏幕数据所取代;常规庞大的模拟屏,被 CRT 屏幕上的实时主接线画面取代;常规在断路器安装处或控制屏上进行的合、跳闸操作,被 CRT 屏幕上的鼠标操作或键盘操作所取代;常规的光子牌报警信号,被 CRT 屏幕画面闪烁和文字提示或语言报警所取代。通过计算机的 CRT 显示器可以监视全变电站的实时运行情况和控制所有的开关设备。

四、运行管理智能化

变电站综合自动化的另一个最大特点是运行管理智能化。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、电压和无功自动调节、不完全接地系统单相接地选线、事故判别与记录等方面,更重要的是能实现故障分析和恢复操作智能化,以及自动化系统本身的故障自诊断、自闭锁和自恢复等功能。这对于提高变电站的运行管理水平和安全可靠性是非常重要的,也是常规的二次系统无法实现的。常规的二次系统只能监视一次设备,而本身的故障必须靠维护人员去检查和发现。综合自动化系统不仅检测一次设备,还每时每刻都在检测自身是否有故障,充分体现了系统的智能化。

五、通信手段多元化

计算机局域网技术和光纤通信技术在综合自动化系统中得到了普遍应用。因此系统具有较高的抗电磁干扰能力,能够实现高速数据传送,满足了实时性要求,组态灵活,易于扩展,可靠性高,大大简化了常规变电站繁杂量大的各种电缆。

六、测量显示数字化

变电站实现综合自动化后,微机监控系统彻底改变了传统的测量手段,常规指针式仪表全被 CRT 显示屏上的数字显示所代替,而原来的人工抄表记录则完全由打印机打印、制表所代替。这不仅减轻了值班员的劳动,而且大大提高了测量精度和管理的科学性。

总之,实现综合自动化可以全面提高变电站的技术水平和运行管理水平,必然成为新建和改造变电站的主导技术。

第二章

变电站综合自动化系统的设计原则及结构形式

自变电站综合自动化技术应用以来,从8位单板机到32位单片机,从串行口到现场总线和以太网技术,从RTU式到集中式和分布分散式,已经发生了翻天覆地的变化。因此,综合自动化系统的设计原则及结构形式始终在不断改变和完善之中。本章将阐述综合自动化系统的基本设计原则及在发展过程中的几种主要结构形式。

第一节 变电站综合自动化系统的基本设计原则

变电站综合自动化技术以微计算机技术和通信技术为基础,逐步地进行发展和提高。许多高校、研究单位和制造厂投入到变电站综合自动化系统的研究和制造工作中,对它应包括的内容以及设计原则和要求,观点逐渐趋于一致。一般认为,变电站综合自动化系统应满足以下要求。

(1) 变电站综合自动化系统应能全面代替常规的二次设备。变电站综合自动化系统应能替代常规的继电保护、仪表、中央信号、模拟屏、控制屏和运行控制装置,完成保护、测量、监视、运行控制和通信等所有任务,并且全面提高变电站的技术水平和可靠性。

(2) 微机保护的软、硬件设置既要与监控系统相对独立,又要相互协调。在变电站综合自动化系统中,微机保护是很重要的关键环节。因此,其软、硬件配置要相对独立,不依赖于监控系统的其他环节,在保证其功能的独立性基础上,与监控系统保持紧密联系。若保护装置兼有其他一些功能,应以不降低保护装置可靠性为前提。

(3) 保护与测控单元设备的接口可采用串行口、现场总线或以太网等多种接口形式兼容性设计,应采用合理的通信网络和标准的通信规约,向计算机监控系统提供保护动作或保护定值等信息。监控系统可实现定值查询修改、保护退投、开关操作、有载调压等各种远方控制。

(4) 变电站综合自动化系统的功能和配置应满足无人值班的总体要求。

(5) 综合自动化系统应具备可靠性高和抗干扰能力强的特点。安全运行是变电站设计的基本要求。因此,在系统的总体结构中应注意主、次分清,对关键环节应有一定的冗余。综合自动化系统中的各子系统要相对独立,一旦系统中某部分出现故障,应尽量缩小故障影响的范围并能尽快消除故障。因此,各子系统应具有独立的故障自诊断和自恢复功能。任一部分发生故障,应立即通知监控主机,发出告警指示,并迅速将自诊断信息送往控制中心。为