



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

BIANDIANZHAN ZONGHE ZIDONGHUA JISHU

变电站综合自动化技术

（第三版）

路文梅 主 编

李铁玲 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

电路基础与实践应用

电路CAD

电工学（第三版）

电工技术及应用

电工仪表与测量（第二版）

电子设计自动化（第二版）

应用电子技术实训

电力电子技术（第三版）

电机学（第三版）

电机运行与检修

电机及拖动基础

电力系统基础

电力系统分析

电力系统继电保护

电力系统继电保护及二次回路（第二版）

变配电所二次系统（第三版）

变电运行

发电厂电气运行

变电站综合自动化技术（第三版）

变电站综合自动化实训指导

高电压技术

高电压技术（第三版）

输电线路基础（第三版）

输电线路施工（第三版）

供用电网络及设备（第三版）

电气设备运行与维护

工厂电器与供电（第三版）

供配电技术（第三版）

供配电技术

用电检查（第三版）

电能计量（第三版）

用电营业管理

李元庆

贾海瀛

王浩

孙爱东

贺令辉

张永生

朱传琴

袁燕

赵君有

谢胜利

莫莉萍

侯卓生

连小洲

张建中

沈诗佳

阎晓霞

杨娟

胡平

路文梅

杨利水

苏群

常美生

赵先德

王清葵

李俊

吴靓

胡光甲

夏国明

王艳华

吴新辉

王月志

李珞新

中国电力出版社教材中心

教材网址 <http://jc.cepp.sgcc.com.cn>

服务热线 010-63412706 63412548



ISBN 978-7-5123-3209-6



9 787512 332096 >

定价：31.00 元



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

BIANDIANZHAN ZONGHE ZIDONGHUA JISHU

变电站综合自动化技术

（第三版）

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
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

本书是依据高职高专院校最新教学要求进行编写，系统地阐述了变电站综合自动化技术的基本概念、功能、原理，以及相关的最新知识、技术和应用，并根据读者对第二版教材提出的意见和使用情况，在内容方面做了个别调整。本书在系统阐述基础理论的前提下，注重实用性，并结合许多具体实例进行讲解，使读者更易理解和掌握。

本书主要作为高职高专院校电力技术类、自动化类专业教材，也可作为电力行业相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

变电站综合自动化技术/路文梅主编. —3版. —北京：中国电力出版社，2012.6

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育
ISBN 978-7-5123-3209-6

I. ①变… II. ①路… III. ①变电所—自动化技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 137262 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.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

2012 年 8 月第三版 2012 年 8 月北京第十三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.5 印张 425 千字

定价 31.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。本书主要作为高职高专院校电力技术类、自动化类专业教材，同时可供同类专业的高校本科生、函授生及有关工程技术人员参考。教学内容可根据具体的专业要求和教学学时取舍。

本书是在 2007 年第二版的基础上，根据我国变电站综合自动化技术的发展以及近几年新颁布的标准和规范重新进行修订的。在教材的内容和体系上均作了相应的充实与调整，对第七章、第八章、第九章进行了重新编写，其他章节的内容与插图也作了适当的修改，各章节增加了习题。

本书由河北工程技术高等专科学校路文梅担任主编，并编写了第三、四、五、六、八、九、十章；第一、二、七、十一、十二章由安徽铜陵学院李铁玲编写；第十三章由沧州供电公司贾会荣编写。全书由路文梅统稿，王向东高级工程师担任主审。本书在编写过程中还得到了有关单位和个人的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于变电站综合自动化新技术不断发展，加之作者水平有限，因此本书中的纰漏在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月

第三版前言

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。本书为修订教材。

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，同时也为了帮助从事变电站综合自动化的运行维护工作的技术和管理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，编者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。

本书力求做到论述深入浅出、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，第六章部分内容、第十三章由贾会荣高级工程师编写。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

目 录

前言

第二版前言

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
思考题	9
第二章 变电站综合自动化系统的设计原则及结构形式	10
第一节 变电站综合自动化系统的基本设计原则	10
第二节 变电站综合自动化系统的结构形式	11
第三节 变电站综合自动化技术的发展方向	16
思考题	19
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	28
第四节 数/模(D/A)转换器	30
第五节 模/数(A/D)转换器	34
第六节 VFC式数字采集系统	38
思考题	42
第四章 数字量输入/输出系统	43
第一节 输入/输出(I/O)接口	43
第二节 CPU对输入/输出数据的控制方式	45
第三节 输入/输出接口常用芯片	48
第四节 开关量的隔离和检测识别	51
第五节 开关量输入/输出电路	55
第六节 脉冲量计数电路	57
思考题	59
第五章 保护和监控常用的算法	60
第一节 保护和监控常用算法概述	60
第二节 数字滤波	61
第三节 变电站综合自动化系统中常用的算法	66
第四节 算法的评价和选择	73

思考题	74
第六章 变电站综合自动化微机保护子系统	75
第一节 微机保护的优越性	75
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	76
第三节 输电线路的微机保护	79
第四节 变压器的微机保护	93
第五节 电力电容器微机保护	101
第六节 微机继电保护技术的新发展	104
思考题	106
第七章 变电站综合自动化监控子系统	108
第一节 监控子系统的功能及要求	108
第二节 监控子系统的基本组成	112
第三节 谐波分析与监视	116
第四节 人机对话系统	118
第五节 保护与测控集成系统	123
思考题	125
第八章 变电站综合自动化电压无功控制子系统	126
第一节 电压、无功自动控制装置	126
第二节 备用电源自动投入装置	138
第三节 故障录波	148
思考题	154
第九章 变电站综合自动化系统的其他子系统	155
第一节 自动按频率减负荷	155
第二节 小电流接地选线及自动跟踪补偿消弧线圈装置	163
第三节 输电线路的自动重合闸	171
思考题	189
第十章 变电站综合自动化的数据通信系统	191
第一节 综合自动化系统数据通信的基本概念	191
第二节 数字信号的调制与解调	193
第三节 数据通信的同步	196
第四节 差错控制	197
第五节 变电站综合自动化系统的通信内容	200
第六节 变电站信息传输规约	205
第七节 串行数据通信接口	211
第八节 综合自动化系统的通信网络	213
思考题	220
第十一章 变电站综合自动化系统的可靠性	222
第一节 概述	222
第二节 变电站电磁干扰产生的原因及后果	222

第三节	变电站抗电磁干扰的措施·····	225
第四节	变电站综合自动化系统的自动检测技术·····	229
思考题	·····	234
第十二章	变电站综合自动化装置实例·····	236
第一节	变电站综合自动化系统的构成·····	236
第二节	微机变压器差动保护装置·····	238
第三节	微机变压器后备保护装置·····	244
第四节	微机线路保护测控装置·····	247
第五节	监控终端·····	250
思考题	·····	261
第十三章	变电站综合自动化系统的运行管理、维护与调试·····	262
第一节	变电站综合自动化系统的运行管理与使用维护·····	262
第二节	变电站综合自动化系统的调试·····	266
思考题	·····	270
参考文献	·····	271

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。例如自动重合闸装置、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。20 世纪 80 年代，微处理器技术开始被引入我国，并很快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 20 世纪 70 年代。英国、法国、意大利等国家于 20 世纪 70 年代末装设的远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。20 世纪 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 20 世纪 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(见图 1-1),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。

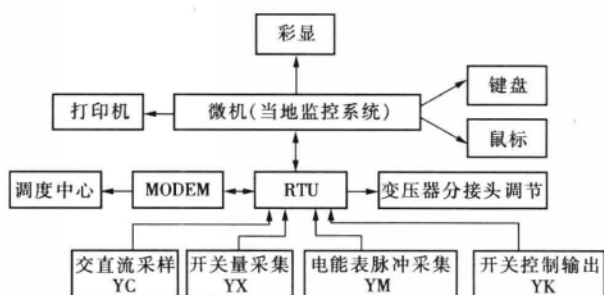


图 1-1 以 RTU 为基础的变电站自动化系统

20 世纪 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 20 世纪 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。20 世纪 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。

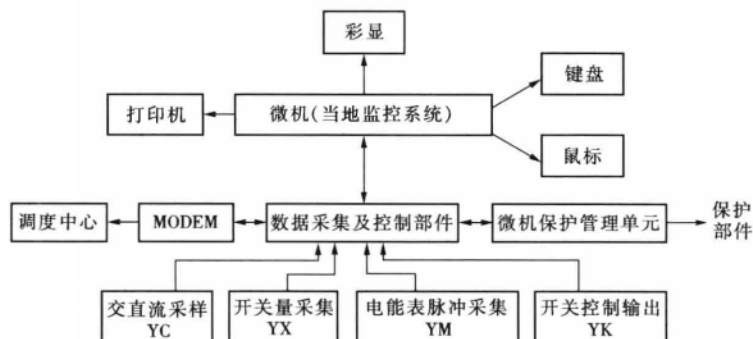


图 1-2 集中式变电站自动化系统典型框图

20 世纪 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况，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，既提高了测量的准确度，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;监控软件有时会有难以发现的缺陷等。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越来越大的作用。

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。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。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,归纳起来有以下几种功能:

- (1) 控制、监视功能;
- (2) 自动控制功能,如 VQC、备用电源自动投入、故障隔离、网络重组等;
- (3) 测量表计功能;
- (4) 继电保护功能;
- (5) 保护相关功能,如接地选线、低频减载、故障录波和故障测距等;
- (6) 接口功能,如微机防误、GPS、站内空调、火警等其他系统的接口;
- (7) 系统功能,如当地监控、调度端通信等功能。

从长远来看,变电站综合自动化系统的功能还包括高压电气设备本身的信息监视,如断路器、变压器、避雷器等设备的绝缘和状态监视等。

结合我国的情况,具体来说变电站综合自动化系统的基本功能体现在以下几方面。

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、小电流接地系统自动选线、自动重合闸等。微机保护是变电站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

时必须给与足够的重视。

2. 测量、监视、控制功能

变电站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、主变压器油温等参数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 TV 或 TA 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。

变电站综合自动化系统应能取代常规的操动机构,如操作盘、模拟盘、手动同期及手控无功补偿等装置;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、合闸功能。

3. 自动控制智能装置的功能

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。为此,典型的变电站综合自动化系统都配置了相应的自动控制装置,变电站的自动控制功能有小电流接地选线、备用电源自投、低频减负荷、同期检测和同期合闸、电压和无功综合控制。

(1) 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。电压和频率是电能质量的重要指标,因此电压、无功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。

(2) 低频减负荷控制功能。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,变电站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。

(3) 备用电源自投控制功能。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。

(4) 小电流接地选线控制功能。小电流接地系统中发生单相接地时,接地保护应能正确地选出接地线路(或母线)及接地相,并予以报警。

4. 事件顺序记录与故障录波和测距功能

事件顺序记录 (Sequence of Events, SOE) 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: 一种是由微机保护装置兼做故障记录和测距; 另一种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. 远动及数据通信功能

变电站综合自动化系统的通信功能包括系统内部的现场级间通信和自动化系统与上级调度通信两部分。

(1) 综合自动化系统的现场级间通信, 主要解决自动化系统内部各子系统与上位机 (监控主机) 和各子系统间的数据和信息交换问题, 它们的通信范围是变电站内部。对于集中组屏的综合自动化系统来说, 实际是在主控室内部; 对于分散安装的自动化系统来说, 其通信范围扩大至主控室与子系统的安装地, 最大的可能是开关柜间, 即通信距离加长了。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。

(2) 综合自动化系统必须兼有 RTU 的全部功能, 应该能够将所采集的模拟量和状态量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, 即完成新型 RTU 等全部“四遥” (遥控、遥测、遥信、遥调) 功能。所使用的通信规约必须符合部颁标准, 最常见的规约有 POLLING 和 CDT 两类。

6. 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, 就可观察和了解全站的运行供况和运行参数, 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状况和运行参数。对断路器的控制应具有人工当地紧急操作的设施。

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屏、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;常规的光字牌报警信号,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准确度和管理的科学性。

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。