

21世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century

变电站综合自动化技术

丁书文 编著



中国电力出版社

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



21世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century

变电站综合自动化技术

编著 丁文
主审 龚庆武

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

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

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

本书系统地阐述了变电站综合自动化系统的原理、结构、功能以及实际应用,介绍了相关应用技术和设备以及具体操作等。全书共分为十章,第一章简要说明了变电站综合自动化的基本概念、主要内容、基本功能及结构和发展概况;第二章介绍了变电站综合自动化系统硬件电路及变电站各种信息量的采集和测量方法;第三章介绍了综合自动化系统软件的算法基础和数字滤波器的应用;第四章介绍了监控系统的结构、特点、附属功能及其操作方法;第五章介绍了微机保护的原理与系统、微机线路和变压器保护,以及变电站电容器微机保护;第六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;第七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做了适当的介绍;第八章介绍了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人机联系、运行维护和系统调试;第十章以 CSC2000 变电站综合自动化系统为例,比较全面地介绍了变电站综合自动化系统的组成部分、系统功能及其实现方案,使读者对变电站综合自动化有一个完整的、深入的认识。

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、技术先进、内容系统、实用性强、通俗易懂,可作为普通高等院校电气工程相关专业的教材,也可作为高职高专教材及函授教材,还可作为变电站综合自动化系统技术人员的培训教材和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电站综合自动化技术/丁书文编著. —北京:中国
电力出版社, 2005

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 7 - 5083 - 3631 - 3

I. 变... II. 丁... III. 变电所—自动化技术—高
等学校—教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 113494 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 301 千字

印数 0001—3000 册 定价 19.80 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

目前,我国电力系统的发展极为迅速,以三峡电站为代表的一大批水火电厂相继投产运行,核电工业也由初期的试点运行逐步走向成熟和国产化,输变电的容量及电压等级不断提升,500kV线路已成为许多经济发达地区的骨干网架,750kV的输电线路已经运行,更高电压等级的输电网络正在规划之中,直流输电对于实现远距离送电已经发挥着重要作用。西电东送、南北互供、全国联网的局面正在形成。

为了保证电力系统的安全与可靠运行,除了要求一次系统的坚实、科学与合理外,对操控一次系统的二次系统也提出了很高的技术要求,这就促进了二次系统的技术发展与进步。二次系统的主要部分,即由微机监控(远动技术)和继电保护所形成的发电厂与变电站自动化技术,其伴随着微电子技术、计算机技术和通信技术的突飞猛进的发展而获得了显著的发展与进步,尤其是遥控和无人值班变电站的兴起与实用化、监控系统与继电保护装置之间实现快速信息交换,对于发电厂与变电站自动化技术的深化与推广发挥了积极作用。

变电站是电力网中的线路连接点,是用来变换电压、功率和汇集、分配电能的设施。随着用电负荷的不断增长和负荷密度的加大,变电站的电压等级和容量不断提高,对供电可靠性的要求也越来越高,为此需要提高变电站的自动化水平。

变电站综合自动化技术应用了计算机技术、通信技术、检测技术和控制技术等,将传统的继电保护系统、测量系统、控制系统、调节系统、信号系统和远动系统等多个独立的功能系统,优化、组合为一套智能化的综合系统。这一技术的应用,提高了对变电站电气设备和电力系统进行监视、控制和保护的自动化、智能化水平,提高了保护、控制的可靠性和电力系统的安全运行水平,并带来显著的社会经济效益。自我国变电站综合自动化系统问世以来,变电站采用综合自动化技术已成为发展趋势,其应用由电力系统的主干网、城市供电网、农村供电网扩展到企业供电网;电压等级由当初的35~110kV变电站,向上扩展到220~500kV变电站,向下延伸到10kV乃至0.4kV配电室,几乎覆盖了全部供电网络。已投运的变电站正逐步进行综合自动化的改造,新建的变电站几乎普遍采用综合自动化系统。

由于变电站综合自动化技术涉及到计算机硬件、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,在高等学校的电气工程及其自动化、自动化专业迫切希望能有一本全面介绍变电站综合自动化技术,定位适中的规划教材。本着这一宗旨,编者在收集整理大量国内外素材的基础上,结合自己多年的教学、

研究和应用成果以及大量工程实践，编写了本书。

本书内容较新颖、前沿、广泛，紧密结合了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压缩或删除，着重实际应用与工程案例的表述与分析，并引入原理、方法、公式、算法和数学计算，力求使读者既能知其然，亦能知其所以然。

本书由武汉大学电气工程学院龚庆武教授主审，他对本书提出了很多宝贵的意见，在此表示深深的感谢。

尽管在编写过程中参考了本领域许多著作，整理和引用了国内外部分文献和技术资料，但由于本书所涉及内容大多数为新原理、新技术，限于作者的理论水平有限、实践经验不够、理解不深等原因，书中错误和缺点在所难免，望读者批评指正。

作者 于郑州

2005年10月

目 录

前言

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第一章 变电站综合自动化系统概论 | 1 |
| 第一节 变电站综合自动化的概念及特点 | 1 |
| 第二节 变电站综合自动化系统的主要内容及其基本功能 | 5 |
| 第三节 变电站综合自动化系统的结构形式和配置 | 8 |
| 第四节 变电站综合自动化与无人值班变电站 | 14 |
| 第五节 变电站综合自动化技术的发展方向 | 16 |
| 第二章 变电站综合自动化系统的硬件原理 | 23 |
| 第一节 变电站综合自动化系统的典型硬件结构 | 23 |
| 第二节 变电站综合自动化系统硬件的数字核心部分 | 25 |
| 第三节 变电站模拟量输入输出原理 | 31 |
| 第四节 变电站开关量输入及输出通道 | 42 |
| 第五节 数字量的输入输出控制方式 | 46 |
| 第六节 脉冲量输入电路 | 50 |
| 第七节 变电站综合自动化系统的人机对话回路 | 51 |
| 第三章 变电站综合自动化系统软件常用算法分析 | 55 |
| 第一节 算法概念 | 55 |
| 第二节 变电站综合自动化系统常用算法 | 56 |
| 第三节 数字滤波器的原理与应用 | 60 |
| 第四节 算法的选择标准 | 65 |
| 第四章 变电站综合自动化的监控系统 | 67 |
| 第一节 监控系统的基本功能 | 67 |
| 第二节 监控系统的基本结构 | 72 |
| 第三节 监控系统的基本要求及特点 | 75 |
| 第四节 监控系统的界面及监控操作 | 77 |
| 第五节 监控系统的附属部分 | 79 |
| 第五章 变电站综合自动化系统的微机保护 | 89 |
| 第一节 微机保护装置的特点及功能 | 89 |
| 第二节 微机保护装置的硬件构成及软件配置 | 91 |
| 第三节 输电线路微机保护 | 92 |

| | | |
|------------|-------------------------------|------------|
| 第四节 | 电力变压器微机保护 | 100 |
| 第五节 | 变电站电容器微机保护 | 108 |
| 第六章 | 变电站综合自动化系统的智能装置 | 111 |
| 第一节 | 电压、无功综合自动控制装置 | 111 |
| 第二节 | 备用电源自动投入装置 | 119 |
| 第三节 | 自动按频率减负荷装置 | 122 |
| 第四节 | 小电流接地系统单相接地自动选线装置 | 128 |
| 第五节 | 故障录波装置 | 134 |
| 第七章 | 变电站综合自动化系统的数据通信 | 140 |
| 第一节 | 数据通信概述 | 140 |
| 第二节 | 远距离数据通信的原理 | 145 |
| 第三节 | 串行数据通信及其接口 | 151 |
| 第四节 | 变电站信息传输的通信规约 | 153 |
| 第五节 | 变电站综合自动化系统的通信网络 | 159 |
| 第八章 | 提高综合自动化系统可靠性的措施 | 164 |
| 第一节 | 概述 | 164 |
| 第二节 | 干扰来源和干扰的影响 | 164 |
| 第三节 | 抗干扰措施 | 167 |
| 第四节 | 综合自动化系统的自动检测技术 | 170 |
| 第九章 | 变电站综合自动化系统的运行与维护 | 173 |
| 第一节 | 人机界面与操作 | 173 |
| 第二节 | 综合自动化系统的运行管理 | 175 |
| 第三节 | 综合自动化系统的使用与维护 | 176 |
| 第四节 | 综合自动化系统的调试 | 180 |
| 第十章 | 变电站综合自动化系统实例 | 185 |
| 第一节 | CSC2000 变电站综合自动化系统结构 | 185 |
| 第二节 | CSC2000 后台监控系统 | 187 |
| 第三节 | CSC2000 系统的测控装置 | 193 |
| 第四节 | CSC2000 系统的继电保护工程师站 | 196 |
| 第五节 | CSC2000 系统的电压无功综合控制 | 198 |
| 第六节 | CSC2000 系统的异常处理 | 199 |
| 参考文献 | | 201 |

第一章 变电站综合自动化系统概论

第一节 变电站综合自动化的概念及特点

一、变电站综合自动化概念

常规变电站的二次系统主要包括继电保护、故障录波、当地监控和远动四个部分。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。长期以来,围绕着变电站二次系统,存在着不同的专业和相应的技术管理部门,本质上为同一个系统而在技术和管理上的条块分割,已越来越不适应变电站技术发展的要求。其主要缺点是:第一,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,彼此之间相关性小,设备之间互不兼容。第二,二次系统的硬件设备型号多、类别杂,很难达到标准化。第三,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,每一个间隔大约有 248 条出线;对于一个中压变电站,每一个间隔则大约为 20~40 条出线。第四,常规二次系统是一个被动的系统,不能正常的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。

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,先后出现了微型继电保护装置、微型故障录波器、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。由于这些设备装置都是从变电站主设备和二次回路中采集信号,并对这些信号进行检测和处理,使得设备重复、投资增加,并使接线复杂化,影响了系统的可靠性。

变电站综合自动化是将变电站的二次设备(测量仪表、信号系统、继电保护、自动装置和远动装置等)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。

变电站综合自动化系统是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,该系统代替常规的测量和监视仪表,替代了常规控制屏、中央信号系统和远动屏。用微机保护代替常规的继电保护屏,还克服了常规的继电保护不能与外界通信的缺点。变电站综合自动化是自动化技术、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,可方便地监视和控制变电站内各种设备的运行和操作。

变电站综合自动化,所谓“综合”主要包括两个方面:

(1) 横向综合,是指利用计算机将不同厂家的设备连在一起,替代或升级老设备的

功能。

(2) 纵向综合,是指在变电站层这一级,提供信息、优化、综合处理分析信息和增加新的功能,增强变电站内部、各控制中心间的协调能力。例如,借用人工智能技术,在控制中心可实现对变电站控制和保护系统进行在线诊断和事件分析,或在变电站当地自动化功能协助之下,完成电网故障后的自动恢复。

变电站综合自动化与一般自动化的区别关键在于,自动化系统是否作为一个整体执行保护、检测和控制功能。

二、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下面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的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远远超过了常规变电站。

(2) 供电电能质量高。由于在变电站综合自动化系统中包括有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,可以收集众多需要的数据和信号,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。这样可以快速发现问题、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。人工抄表所记录的数据误差大、离散性高、可信度低,而且所记录的报表长年累月大量堆积,无法从中得到有用的数据以再利用。采用综合自动化以后,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,对电力调度、系统的规划等方面提供重要的依据。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,运行人员可通过观看 CRT 屏幕,就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, 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和规划, 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, 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, 也可为变电站安全稳定运行提供可靠保证。

变电站实现综合自动化技术后出现了一些问题, 如与传统的变电站监控装置有根本性的背离, 对长期从事传统监控装置维护、运行的人员来说是不熟悉的, 在操作和维护过程中, 使用人员较难掌握, 当出现一些小问题时, 就不得不依靠供货商来解决, 所以普及要有一个过程。另外变电站综合自动化系统也有一些缺点, 如硬件很快成为过时, 硬件和软件要有高度可靠性、较难维护等。

这些优缺点主要取决于技术方面, 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。

三、变电站综合自动化系统的特点

变电站综合自动化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、微机远动功能综合在一起形成一个具有远方数据传输功能的自动监控系统。变电站综合自动化系统具有以下几个最明显的特征:

(1) 功能综合化。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。在综合自动化系统中, 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 (远动终端装置) 功能及电压和无功补偿自动调节功能; 微机保护 (和监控系统一起) 综合了故障录波、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。上述综合自动化的综合功能是通过局域网各微机系统硬、软件的资源共享形成的，因此对微机保护和自动装置提出了更高的自动化要求。

需要指出的是，综合自动化的综合功能，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来实现的。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) 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、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，这样一个由庞大的 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。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。

(3) 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进行的跳、合闸操作，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，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。

(4) 通信局域网络化、光缆化。计算机局域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。

(5) 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，还每时每刻监测自己是否有故障，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，功能庞大，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）安装的不同的系统组态。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。

(6) 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所代替,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劳动,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上述明显特征,而具有强劲的生命力。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,同时也是变电站改造的首选产品。

第二节 变电站综合自动化系统的主要内容及其基本功能

一、变电站综合自动化系统的主要内容

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。通过变电站综合自动化技术,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。

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,对变电站的二次设备进行全面的技术改造,取消常规的保护、监视、测量、控制屏,实现综合自动化,以全面提高变电站的技术水平和运行管理水平,并逐步实行无人值班或减人增效。

(2) 对220kV及以上的变电站,主要是采用计算机监控系统提高运行管理水平,同时采用新的保护技术和控制方式,促进各专业在技术上的协调,达到提高自动化水平和运行、管理水平的目的。

此外,变电站综合自动化的内容还应包括监视高压电气设备本身的运行(如断路器、变压器和避雷器等)的绝缘和状态监视,并将变电站所采集的信息传送给调度中心,必要时送给运行方式科和检修中心等,以便为电气设备监视和制定检修计划提供原始数据。

总之,变电站综合自动化的内容应包括:

1) 随时在线监视电网运行参数、设备运行状况、自检、自诊断设备本身的异常运行,发现变电站设备异常变化或装置内部异常时,立即自动报警并使相应的闭锁出口动作,以防止事故扩大。

2) 电网出现事故时,快速采样、判断、决策,迅速隔离和消除事故,将故障限制在最小范围。

3) 完成变电站运行参数在线计算、存储、统计、分析报表、远传和保证电能质量的自动和遥控调整。

实现变电站综合自动化的目标是提高变电站全面的技术水平和运行管理水平,提高安全、

可靠、稳定运行水平，降低运行维护成本，提高经济效益，提高供电质量，促进配电系统自动化。实现变电站综合自动化是实现以上目标的一项重要技术措施。

二、变电站综合自动化系统的基本功能

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. 测量、监视、控制功能

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。

变电站综合自动化系统应能取代常规的操作机构、电磁式和机械式防误闭锁设备、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。

2. 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。

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，如电压、无功综合控制装置、低频减负荷控制装置、备用电源自投控制装置、小电流接地选线装置等。

(1) 电压、无功综合控制。变电站电压、无功综合控制是利用有载调压变压器和母线无功补偿电容器及电抗器进行局部的电压及无功补偿的自动调节，使负荷侧母线电压偏差

在规定范围以内。在调度（控制）中心直接控制时，变压器的分接头开关调整和电容器组的投、切直接受远方控制，当调度（控制）中心给定电压曲线或无功曲线的情况下，则由变电站综合自动化系统就地进行控制。有关电压、无功综合控制的目的、要求、原理等详细技术问题，请参考本书第六章。

(2) 低频减负荷控制。当电力系统因事故导致功率缺额而引起系统频率下降时，低频率减载装置应能及时自动断开一部分负荷，防止频率进一步降低，以保证电力系统稳定运行和重要负荷（用户）的正常工作。当系统频率恢复到正常值之后，被切除的负荷可逐步远方（或就地）手动恢复，或可选择延时分级自动恢复。

(3) 备用电源自投（简称备投）控制。当工作电源因故障不能供电时，自动装置应能迅速将备用电源自动投入使用或将用户切换到备用电源上去。典型的备投有单母线进线备投、分段断路器备投、变压器备投、进线及桥路器备投、旁跳断路器备投。

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

对于不接地系统，可采用零序功率方向、零序电流大小和方向等零序分量判据；对于经消弧线圈接地系统还应考虑其他判据（如5次谐波判据等）进行综合判断。

4. 远动及数据通信功能

变电站综合自动化的通信功能包括系统内部的现场级通信和自动化系统与上级调度的通信两部分。①综合自动化系统的现场级通信，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。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等全部四通功能。

5. 自诊断、自恢复和自动切换功能

自诊断功能是指对变电站综合自动化的监控系统的硬件、软件（包括前置机、主机、各种智能模块、通道、网络总线、电源等）故障的自动诊断，并给出自诊断信息供维护人员及时检修和更换。

在监控系统中设有自恢复功能。当由于某种原因导致系统停机时，能自动产生自恢复信号，将对外围接口重新初始化，保留历史数据，实现无扰动的软、硬件自恢复，保障系统的正常可靠运行。

自动切换功能指的是双机系统中，当其中一台主机故障时，所有工作自动切换到另一台主机，在切换过程中所有数据不能丢失。

总体来说，变电站综合自动化系统的功能，可以用下列项目来描述：

1) 常规远动的四通（遥信、遥测、遥控、遥调）功能。

2) 变电站所需的全部保护功能，输电线路保护和元件保护的配置可根据变电站主接线由用户自行选定，很方便。

- 3) 故障录波和故障点测距定位功能,并能给出断路器的事故遮断电流值。
- 4) 小电流接地选线功能。
- 5) 变电站所需的全部控制功能。
- 6) 测量电流、电压和功率因数角,计算有功和无功功率、电量值。
- 7) 1ms 分辨率的事故顺序记录功能。
- 8) 变电站运行的监视功能。
- 9) 可与任何厂家生产控制中心的设备以任何通信规约接口。
- 10) 有开关操作闭锁,可以防止误操作。
- 11) 可以代替变电站中传统的集中控制台。
- 12) 可采用无线电对时同步或与高一级控制站软件对时同步,或可接收 GPS 信号对时。
- 13) 具有友好的人机对话功能、显示、事件报警(声、光报警)、打印制表输出。
- 14) 自身的软、硬件在线监视。
- 15) 变电站所需的控制功能有:①开关正常闭合和断开操作;②同期并列操作;③母线电压分析计算,并据此实行并联电容器的投、切操作和变压器分接头调节;④备用电源自动投入操作;⑤低频自动减载操作;⑥执行上一级调度中心的操作命令等。

总之,变电站综合自动化系统可以完成远动、保护、开关操作、测量、故障录波、事故顺序记录和运行参数自动记录功能,并且具有很高的可靠性,进而可以实现变电站无人值班运行。

第三节 变电站综合自动化系统的结构形式和配置

自 1987 年我国自行设计、制造的第一个变电站综合自动化系统投运以来,变电站综合自动化技术已得到了突飞猛进的发展,其结构也在不断的完善中。本节将结合现场介绍几种常见的结构和配置。

一、变电站综合自动化系统结构

如前所述,变电站综合自动化采用自动控制和计算机技术实现变电站二次系统的部分或全部功能。为达到这一目的,满足电网运行对变电站的要求,变电站综合自动化系统结构如图 1-1 所示。

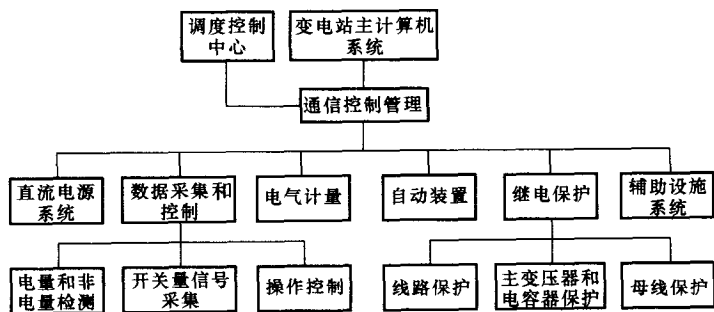


图 1-1 变电站综合自动化系统结构

“数据采集和控制”、“继电保护”、“直流电源系统”三大块构成变电站自动化基础。“通信控制管理”是桥梁,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。“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,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。“通信控制管理”连接系统各部分,负责数据和命令的传递,并对这一过程进行协调、管理和控制。与变电站传统电磁式二次系统相比,在结构上,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;在二次系统具体装置和功能实现上,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;在信号传递上,数字化信号传递代替了电压、电流模拟信号传递。数字化使变电站自动化系统与传统变电站二次系统相比,数据采集更精确、传递更方便、处理更灵活、运行维护更可靠、扩展更容易。

实际的变电站综合自动化系统,常根据具体情况和技术经济的比较,对图 1-1 所示的变电站综合自动化系统结构进行剪裁,以获得最佳性能价格比。较为典型的设计是:

(1) 在低压无人值班变电站里,取消变电站主计算机系统或者简化变电站主计算机系统。

(2) 在实际的系统中,更为常见的是将部分变电站自动化设备,如微机保护、RTU 与变电站二次系统中电磁式设备(如模拟式指针仪表、中央信号系统)揉和在一起,组成一个系统运行。这样,既提高了变电站二次系统的自动化水平,改进了常规系统的性能,又无需投入更多的物力和财力。

二、变电站综合自动化系统的结构形式

总结变电站综合自动化系统的发展过程,尽管它们所能实现的功能、综合的程度、适应的场合各有差异,但是结构形式可分为集中式、分层分布式、分散与集中结合式、完全分散式等几种。

(一) 集中式结构形式

集中式结构的综合自动化系统,指采用不同档次的计算机,扩展其外围接口电路,集中采集变电站的模拟量、开关量和数字量等信息,集中进行计算与处理,分别完成微机监控、微机保护和一些自动控制等功能,集中结构也并非指由一台计算机完成保护、监控等全部功能。多数集中式结构的微机保护、微机监控和与调度等通信的功能也是由不同的微型计算机完成的,只是每台微机承担的任务多一些。例如监控机要负担数据采集、数据处理、开关操作、人机联系等多项任务;担任微机保护的计算机,可能一台微机要负责几回低压线路的保护等。这种结构形式主要出现在变电站综合自动化系统问世的初期,如图 1-2 所示。这种结

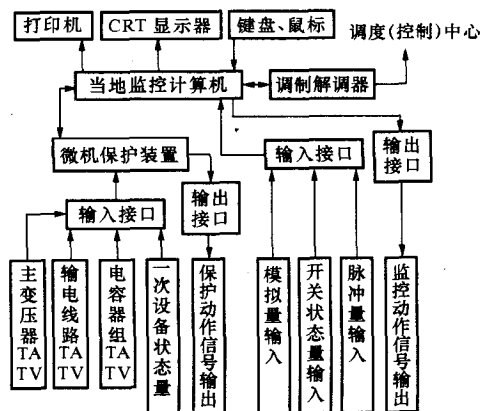


图 1-2 集中式变电站综合自动化系统结构框图

构形式的综合自动化系统国内早期的产品较多,如南京自动化研究院系统研究所的 BJ—2 型、南京自动化设备厂的 WBX—261 型、烟台东方电子信息产业集团的基于 WDF—10 型的综合自动化系统、许昌继电器厂的 XWJK—1000 变电站综合自动化系统、上海惠安系统控制有限公司的 powerware—WIN 系统等。

集中式结构形式是按变电站的规模配置相应容量、功能的微机保护装置和监控主机及数据采集系统,它们安装在变电站主控室内。主变压器、各种进出线路及站内所有电气设备的运行状态通过电流互感器(TA)、电压互感器(TV)经电缆传送到主控制室的保护装置或监控计算机上,并与调度控制端的主计算机进行数据通信。当地监控计算机完成当地显示、控制和制表打印等功能。

集中式综合自动化系统的特点是:①能实时采集变电站中各种电气设备的模拟量、脉冲量、开关状态量,完成对变电站的数据采集、实时监控、制表、打印、事件追忆及 CRT 显示负荷曲线、变电站主接线图功能。②值班员可通过画面操作变电站内的电气设备,并能检查操作的正确与否。③系统具有自诊断功能和自恢复功能,当设备受到外界瞬间干扰信号而影响正常工作时,系统能发出自恢复命令,使设备立即进入正常工作状态。④造价低,适合小型变电站的新建或改造。

集中式综合自动化系统的缺点有:①每台计算机的功能较集中,如果一台计算机出故障,影响面大,因此必须采用双机并联运行的结构才能提高可靠性。②集中式结构软件复杂,修改工作量大,调试麻烦。③组态不灵活,对不同主接线或规模不同的变电站,软、硬件都必须另行设计,工作量大,因此影响了批量生产,不利于推广。④集中式保护与长期以来采用一对一的常规保护相比,不直观,不符合运行和维护人员的习惯,调试和维护不方便,程序设计麻烦,只适合保护算法比较简单的情況。

变电站综合自动化系统的目标是实现变电站的小型化、无人化和高可靠性,针对集中式系统的诸多不足,我国 20 世纪 80 年代开始研制分布式综合自动化系统。

(二) 分层分布式结构集中组屏的形式

(1) 分层分布式结构的概念。

所谓分布式结构,是在结构上采用主从 CPU 协同工作方式,各功能模块(通常是各个从 CPU)之间采用网络技术或串行方式实现数据通信,多 CPU 系统提高了处理并行多发事件的能力,解决了集中式结构中独立 CPU 计算处理的瓶颈问题,方便系统扩展和维护,局部故障不影响其他模块(部件)正常运行。如微机型变压器保护主要包括速断保护、比率制动型差动保护、电流电压保护等。主保护的功能由一个 CPU 单独完成。后备保护主要由复合电压电流保护构成,过负荷保护、瓦斯保护触点引入微机,经由微机保护出口;轻瓦斯报警;温度信号经温度变送器输入微机,可发超温信号并据此启动风扇,后备保护功能也由一个 CPU 单独完成。主保护 CPU 和后备保护 CPU 分开,各自完成各自功能,增加了保护的可靠性。

在变电站综合自动化系统中,我们通常把保护、自动重合闸、故障录波、故障测距等功能综合在一起的装置称为保护单元,而把测量和控制功能综合在一起的装置称为控制或 I/O 单元,两者通称为间隔级单元。各种类型的间隔级单元与变电站的中央单元相结合,并利用间隔级单元搜集到的状态量和测量值,通过软件来实现各种保护闭锁,取消或大大