



智能变电站

仿真平台建设与应用

ZHINENG BIANDIANZHAN
FANGZHEN PINGTAI JIANSHE YU YINGYONG

黄 曙 主 编
马 凯 胡春潮 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能变电站

仿真平台建设与应用

ZHINENG BIANDIANZHAN
FANGZHEN PINGTAI JIANSHE YU YINGYONG

黄 曙 主 编
马 凯 胡春潮 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书阐述了智能变电站及其网络仿真的发展现状,全面介绍了智能变电站系统的仿真平台,并用多个应用案例对智能变电站网络系统进行了仿真分析。

全书共分5章,主要包括智能变电站及其网络性能仿真的发展现状、智能变电站网络性能仿真平台、智能变电站网络性能仿真与评价方法、仿真应用案例。

本书可供工作在各电网(力)公司、电力科研部门及建设施工单位及其他相关专业领域的技术人员参考,也可作为高等院校相关专业本科生和研究生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智能变电站仿真平台建设与应用/黄曙主编. —北京:中国电力出版社,2015.12

ISBN 978-7-5123-8002-8

I. ①智… II. ①黄… III. ①智能系统-变电所-系统仿真-研究 IV. ①TM63-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第148552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>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年12月第一版 2015年12月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 9.25印张 163千字

印数0001—2000册 定价36.00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

《智能变电站仿真平台建设与应用》

编 委 会

主 编：黄 曙

副 主 编：马 凯 胡春潮

编写人员：邵向潮 潘 维 曹丽娟 张晓悦

侯艾君 禰文健 段宏达 杨桂盛

前言

当前,随着经济和社会的发展,传统电网已经不能满足电力行业的发展需求,智能电网应运而生。伴随着市场化改革的不断推进,智能电网逐步成为现代电网的发展方向。中国的智能电网以坚强网架为基础,以强大的通信平台为支撑,以智能化的控制为手段,包括了电力系统的发电、变电、输电、配电和用电等各个环节,覆盖了所有的电压等级,实现了“电力流、信息流、业务流”的高度一体化融合,是集稳固性、可靠性、高效环保性、经济性、透明开放性等于一体的现代型电网。

智能变电站自动化技术方兴未艾,作为智能电网技术代表之一,是智能电网建设的重要组成部分。智能变电站的基本特征是电子式互感器与智能一次设备的应用、基于 IEC 61850 标准体系的统一建模、二次信息网络化传输等,为实现下一代更为先进可靠的电网智能化打下了良好基础。近年来,在一系列关于智能变电站的理论研究和工程实践中,我国的电力工作人员积累了大量成功的经验,为智能变电站自动化技术在我国电网的发展和推广提供了有力的理论和实践支持。另外,目前智能变电站技术的发展也正处于一个“平台期”,集中体现在目前智能变电站实践主要是在新技术层面,关注新设备和新标准协议的应用和探索,而对于与这些新技术相适应的性能分析评价方法、标准规范及工具研发的研究相对较少,对实现变电站智能化的关键——信息流,缺乏分析把控能力。就目前已实施的智能变电站工程而言,尚未真正给变电站的运行维护、电网安全可靠性的提升带来实质性的效应,这些都是制约着智能变电站发展的原因。

智能变电站的关键技术之一是二次系统数据信息流的可靠传输,信息流贯穿整个变电站自动化系统。基于测控、继电保护设备等 IED 设备组建的自动化应用系统的可靠性越来越依赖于信息流的有效传输,电网网络性能的评价在一定程度上表现为信息流传输有效性的评价。因此,信息流在研究智能电网中占据着非常重要的位置。以信息流为对象,针对智能变电站的通信网络性能的研究与分析是研究智能变电站网络性能技术的基础,但目前这个领域几乎是空白

的,展开对智能变电站通信系统的网络性能评价方法研究显得非常有必要和迫切。因此,通过网络性能仿真软件研究分析智能变电站二次系统的技术、性能评价、方案论证等,将进一步提高智能变电站二次系统网络研究的水平。

OPNET Modeler 优点很多,作为国际上一种主流通信网络仿真软件,其近年来被应用于电力系统通信网络的仿真分析中,主要应用包括:拓扑网架分析、定性的实时性计算、定性的解释性机理描述等,显示出良好的发展前景。然而,已有的研究工作仍主要停留在对 OPNET 已有模型和功能的介绍层面,对变电站网络建模与仿真也局限于定性层面,主要表现在:对 IEC 61850 标准建模不足,不能真实描述智能变电站中的实际数据处理过程,难以进行定量分析;对自动化应用 IED 建模不足,缺少 IED 设备算法与逻辑的详细建模,难以描述 IED 设备的实际性能;限于 OPNET 自带模型,没有面向变电站网络及应用的全面建模,难以应用于实际工程。为此,本书将通过使用基于 OPNET 开发的智能变电站二次系统网络性能仿真平台,说明其在智能变电站技术分析、性能评价、方案论证等方面的应用。

本书第 1 章介绍了智能变电站的发展历程,并讲述了智能变电站的二次系统及其网络性能评价与仿真现状;第 2 章从仿真软件的安装设置、创建网络场景模型、界面操作、仿真结果收集等方面对智能变电站系统网络性能仿真平台进行了说明;第 3 章从其功能描述、设备模型参数设置、统计量选择和仿真结果收集等方面对智能变电站二次系统网络性能仿真平台关键模型进行说明;第 4 章主要介绍了面向变电站信息流网络性能的信息流等值方法、面向变电站单体设备网络性能分析的半实物仿真法和构建了智能变电站网络性能评价指标体系和多指标综合评价方法;第 5 章给出了基于智能变电站二次系统网络性能仿真平台的珠海琴韵变电站仿真、组网与优化策略仿真、长洲变电站网络建模与仿真、典型智能变电站过程层网络仿真、网络故障场景仿真、继电保护组织形态仿真研究和新型优化策略探索与研究等应用案例,为开展电网智能变电站信息流分析和通信网络性能评价开创了一种新的思路 and 有效途径。

本书是编者在广东电网公司电力科学研究院工作期间完成的。在此感谢项目组中南方电网自动化重点实验室和华南理工大学电力学院成员给予的支持与帮助。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2015 年 6 月

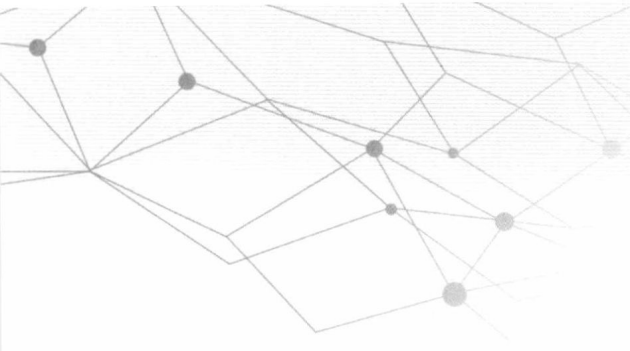
目 录

前言

第 1 章 智能变电站概述	1
1.1 智能变电站的发展	2
1.1.1 变电站自动化系统	2
1.1.2 数字化变电站	3
1.1.3 智能变电站	4
1.2 智能变电站二次系统	5
1.2.1 智能变电站二次系统结构	6
1.2.2 智能变电站关键设备及技术	8
1.2.3 智能变电站二次系统发展	12
1.2.4 智能变电站二次系统技术现状总结	14
1.3 智能变电站网络性能评价与仿真现状	16
1.4 本章小结	18
第 2 章 智能变电站网络性能仿真平台说明	19
2.1 OPNET 网络仿真概述	19
2.1.1 网络仿真简介	19
2.1.2 OPNET 仿真平台简介	20
2.2 仿真平台软件安装	22
2.2.1 环境变量配置	22
2.2.2 软件安装	24
2.2.3 加载电力系统模型库集合	25
2.3 仿真平台使用说明	27
2.3.1 创建网络模型场景	27
2.3.2 仿真平台界面说明	30
2.3.3 仿真统计的收集和结果输出	32
2.4 本章小结	36

第3章 智能变电站仿真平台关键模型	37
3.1 合并单元模型	37
3.2 保护单元模型	40
3.3 测控单元模型	45
3.4 智能单元模型	48
3.5 琴韵变电站模型	51
3.6 本章小结	53
第4章 智能变电站网络性能仿真与评价方法	54
4.1 智能变电站网络性能仿真方法	54
4.1.1 面向变电站网络的信息流等值方法	54
4.1.2 面向变电站单体设备的网络性能仿真方法	56
4.2 智能变电站过程层网络性能评价指标	60
4.2.1 过程层网络性能指标模型	60
4.2.2 过程层网络分类性能指标	63
4.3 智能变电站网络多指标综合评价方法	65
4.3.1 路径性能评价	65
4.3.2 网络性能评价	66
4.4 本章小结	68
第5章 智能变电站网络性能仿真应用实例	69
5.1 珠海琴韵变电站仿真分析	69
5.1.1 琴韵变电站工程情况	69
5.1.2 仿真参数	69
5.1.3 等值间隔拓扑与场景设置	70
5.1.4 综合评价价值计算方法	72
5.1.5 等值稳态仿真结果与评价分析	73
5.1.6 全站仿真分析	77
5.2 组网与优化策略仿真分析	87
5.2.1 组网方式仿真测试	87
5.2.2 优化策略方式仿真测试	91
5.2.3 现有网络组网方式与优化策略应用	96
5.3 长洲智能变电站网络建模与仿真分析	99
5.3.1 仿真对象描述	99
5.3.2 过程层网络模型的构建	102

5.3.3	过程层网络定量仿真分析	105
5.4	典型智能变电站过程层网络仿真分析	108
5.4.1	变电站过程层网络建模	108
5.4.2	变电站过程层网络 VLAN 优化策略仿真分析	111
5.5	网络故障场景仿真	115
5.5.1	断链故障	115
5.5.2	链路负载过重	116
5.5.3	交换机交换速率与电网规模不匹配	116
5.5.4	网络风暴	116
5.6	继电保护组织形态研究	117
5.6.1	按间隔分配保护	117
5.6.2	分保护类型集中保护	119
5.6.3	站域集中保护	120
5.7	新型优化策略探索与研究	123
5.7.1	基于多级子队列的确定性调度	126
5.7.2	基于区域划分的动态缓存分配	127
5.7.3	基于路径消耗的多路选择	128
5.8	本章小结	132
附录 1	110kV 智能变电站典型配置	133
附录 2	220kV 智能变电站典型配置	136
参考文献		139



第 1 章

智能变电站概述

目前,影响电网运行安全的潜在风险和不确定因素随着电网规模的扩大而不断增加。为了解决经济发展与电力建设、一次能源分布和负荷分布、电网复杂度增加与控制技术、电能质量与用户要求、电力发展与环境恶化等方面日益突出的矛盾,满足用户对电力的需求,人们提出了智能电网(Smart Grid)的概念,为全世界电力行业在安全可靠、优质高效、绿色环保等方面开辟了新的发展空间。

我国继美国、欧盟之后启动了智能电网的相关研究,2007年华东电网公司率先在国内开展了智能电网的可靠性研究,并制订了2009~2020年“三步走”的行动计划。业内人士认为,该项目的启动标志着我国开始进入智能电网领域。在欧美智能电网研究的基础上,2009年5月国家电网公司召开了“特高压输电技术国际会议”,会上公布了我国对智能电网的定义,即统一坚强智能电网是以坚强网架为基础,以通信信息平台为支撑,以智能控制为手段,包含覆盖所有电压等级的发、输、变、配、用及调度6大环节,实现各类信息流的高度融合,是可靠、高效、经济环保、透明友好、开放互动的现代化电网,由此全面拉开了中国智能电网前期研究的序幕。

智能变电站作为智能电网的关键节点兼容虚拟电厂和微网,实现了变电站自动化技术、GIS技术和SCADA等工业技术的高度融合及与控制中心快速、高性能的通信,其控制和建模都是在控制中心授权范围内进行的。国家电网公司关于智能电网规划的报告中提出,智能变电站的发展目标是设备信息和运行维护策略与电力调度实现全面互动,实现基于状态的全生命周期综合优化管理。枢纽及中心变电站全面建成或改造成为智能化变电站。实现全网运行数据的统一采集、实时信息共享以及电网实时控制和智能调节,支撑各级电网的安全稳定运行和各类高级应用。所以,智能电网的重要内容之一就是智能变电站的实现,从事变电站自动化研究与开发的主导方向就是与智能变电站相关的研究。

1.1 智能变电站的发展

1.1.1 变电站自动化系统

变电站用以切断或接通、改变或调整电压的是电网中输电和配电的集结点，其是电网能量传递的枢纽和电网运行信息的主要来源。变电站综合自动化是在变电站内将所有设备接入站内控制网中，实现外设的信息共享和自动化控制。变电站自动化系统是后台控制系统和智能电子装置（Intelligent Electronic Device, IED）组成的变电站运行控制系统，包括控制、保护、监测和通信等子系统，并通过站内的通信网络实现信息共享。CIGREWG34 的 03 工作组在 1997 年的《变电站内数据流的通信要求》报告中首次提出了变电站自动化和变电站自动化系统（Substation Automation System, SAS）2 个名词，随后这 2 个名词被国际电工委员会（IEC）IEC-TC57 技术委员会采纳。自 20 世纪 90 年代以来，随着微电子、光电、通信等现代化技术的不断进步 SAS 获得了飞速发展，逐步形成了包括控制、保护、运行支持、系统组态、通信管理等功能的综合系统，构成了电网高度自动化系统的重要组成部分。

《变电站内数据流的通信要求》报告中明确了 SAS 的 7 个功能组：①远动功能即传统“四遥”；②自动控制功能，如 VQC；③计量功能；④继电保护功能；⑤保护相关功能，如低周减载；⑥接口功能，如微机防误等系统的接口；⑦系统功能，如当地监控功能。

变电站综合自动化技术的研究和系统设计大致经历了 3 个发展阶段：第 1 代为远方 RTU 式系统，即在传统的继电保护及二次接线的基础上增加 RTU 以实现“四遥”功能；第 2 代为以单处机为基础的集中式自动化系统；第 3 代为以现场总线和以太网技术为基础的分散式自动化系统。1985 年西门子公司的第 1 套全分散式变电站自动化系统 LSA678 在德国汉诺威投入运行，目前西门子公司的 LSA 系统、6MB/6MD 系列，惠施康公司的 D200/D25 系列，伊林公司的 AK 系列，ABB 公司的 REF 系列等产品在国际上得到了普遍应用。我国大约从 20 世纪 80 年代才开始变电站自动化的研究工作，早期主要是集中式 SAS，如 DISA-1 型、BJ-1 型、IES-60 型、FD-97 等，90 年代中期开始了分散式 SAS 的研制工作，如 DISA-2 型、DISA-3 型、BJ-F3、CSC-2000 型、FDK 型等，其中由北京四方继保自动化有限公司研制的 CSC-2000 变电站自动化系统采用完全分层、分布式的设计思想，在国际上率先使用 Lon Works 现场总线技术构建监控网和录波网，适用于 35~500kV 各种电压等级变电站和升压开关站的监视与控制等自动化系统，已成功在全国各大

电网投运 900 多套，成为国内主流变电站自动化系统。

变电站自动化系统拓展应用过程中面临的障碍是不同厂家甚至同一厂家不同型号的 IED 所采用的通信协议和用户界面不同，各 IED 间隔及变电站等应用层面缺乏统一的信息模型和信息交换模型，二次设备之间缺乏互操作性不能实现信息共享，且常规互感器的动态测量范围存在局限性。这些都是常规变电站自动化系统无法逾越的技术瓶颈。微电子和光电技术的发展促进了以微处理器为核心的 IED 在电力系统中的应用，以新型光电互感器、高速交换式以太网、通信标准 IEC 61850 为基础的数字化技术为变电站综合自动化系统带来了新的发展机遇。

1.1.2 数字化变电站

数字化变电站是以数字化的一、二次设备为对象，以高速通信网络为平台，通过对数字信息的标准化实现站内外信息共享和互操作，并以此为基础实现测量、监控、信息管理等功能的自动化变电站，它继承了分层分布式变电站结构的优点，克服了常规 SAS 中存在的信息共享难、设备之间不能互操作性、系统可扩展性差等缺点，有效提高了向电网高级功能应用提供数据的支撑能力。其关键特征是数字化的一次设备，网络化的二次装置和全站统一的标准平台。

一次电气设备主要包括非常规互感器、智能断路器/隔离开关、智能变压器等，常规的强电模拟信号和控制电缆被光电数字和光纤代替；一次设备与二次装置通过交换式以太网实现数据与信息的就地采集和数字化传输，并可以对监控、保护和计量等功能进行系统集成。数字化变电站综合自动化系统示意图如图 1-1 所示。为了解决变电站内智能装置的互操作性，国际电工委员会从 1995

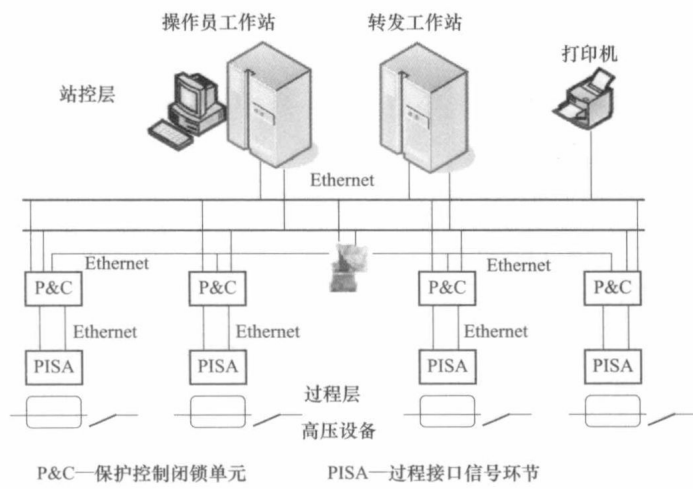


图 1-1 数字化变电站综合自动化系统

年开始制定一部面向未来的变电站内的通信标准即 IEC 61850, 该标准围绕功能建模、数据建模、通信协议、变电站自动化系统工程和一致性测试 4 个方面展开, 为构建数字化变电站的通信网络提供了理论基础和技术依据。

数字化变电站的相关技术研究主要包括非常规互感器技术、IEC 61850 标准的应用和信息传输网络 3 方面。ABB、AREVA、西门子等国外公司起步较早, 技术链的完整性较之国内企业也更胜一筹。2004 年 11 月, 世界上第一个基于 IEC 61850 标准的 SAS 由西门子输配电集团在瑞士承建。国内参与数字化变电站相关研发的主要厂家有南瑞继保、北京四方、国电南自、许继电气、国电南瑞、中国电科院等, 其中部分厂家通过了 IEC 618650 一致性检测与认证, 能够提供数字变电站相关的系统解决方案, 如南瑞继保的 RCS 9700 系列变电站自动化系统、南京新宁光电自动化有限公司的 X7000 变电站自动化系统等, 2006 年 3 月, 国内首套符合 IEC 61850 标准的 SAS 由国电南自研发成功, 并顺利投运在西安 110kV 少陵变电站。

国内在数字化变电站建设方面, 已经开始了 110kV 和 220kV 数字化变电站的试点工作, 550kV 试点变电站正在调研中。目前建成数字化变电站的主要特点是不大于 220kV 的电站间隔层和站控层应用 IEC 61850 标准的模式, 但总体应用较为审慎; 大于 220kV 的变电站主要以站控层应用 IEC 61850 标准的模式为主, 涉及改造过程层的较少; 相对滞后的工作包括统一建模和一致性测试, 在性能测试、全站试验的数字化变电站案例也较少。另外一次设备主要采用智能终端与传统开关相结合的模式, 对电子式互感器的应用比较保守, 较多采用冗余网络方式来解决可靠性问题。虽然基于 IEC 61850 标准大大增强了设备间或系统间的互操作性, 但由于应用标准不一致的原因, 现阶段系统之间互动化能力提高并不明显。

智能电网的提出及发展为数字化变电站的发展带来新的机遇, 其势必向智能化变电站过渡。智能变电站要以数字化变电站为依托, 实现更高层次的自动协同控制、设备状态检修运行自适应、智能综合分析决策, 设备数字化、功能集成化、结构紧凑化是其发展方向。

1.1.3 智能变电站

智能电网是 21 世纪初电力行业提出的全新概念, 最早由美国电科院 (EPRI) 于 2003 年首先提出《智能电网研究框架》, 美国能源部 (DOE) 随即发布 Grid2030 计划。智能电网是一个完全自动化的供电网络, 利用测量、通信、自动化等技术来提高电力系统的能源转换和传输效率, 并且允许可再生能源顺利入网以确保更可靠、更灵活、更经济地电网运行, 从而为用户提供更高质量

的供电服务。

作为智能电网重要组成部分和节点的智能变电站，应能整合 EMS、SCADA、FIS、DTS 等系统的资源，建立站内全景数据的统一信息平台统一各子系统数据，利用嵌入式技术实现在线操作系统以实现标准化、规范化存取访问并与调度等其他系统进行标准化交互。

智能变电站与常规变电站的结构比较见图 1-2。

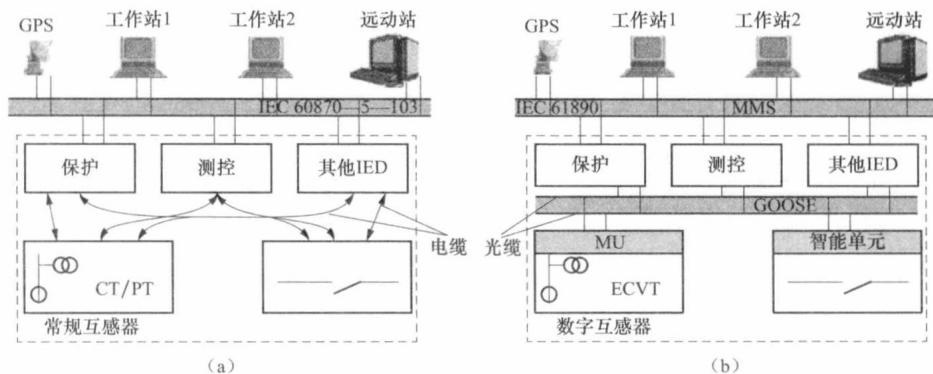


图 1-2 常规变电站与智能变电站结构比较

(a) 常规变电站结构图；(b) 智能变电站结构图

数字化变电站则是智能变电站发展过程中的一个阶段。智能化变电站三个主要的特征是一次设备智能化，二次设备网络化，符合 IEC 61850 标准”，即数字化变电站内的信息全部做到数字化，信息传递实现网络化，通信模型达到标准化，使各种设备和功能共享统一的信息平台。使用智能一次设备是智能变电站的特征之一，但是国内外目前智能化的一次设备都是通过转化一定的二次设备来实现的，通常采用模式是智能终端。国内目前进行的大多是数字化变电站项目，然而数字化和智能化有着不同的内涵。数字化是指以数字方式交换信息的技术手段；智能化强调的是设备的功能，包括在线监测、数据分析和自动执行。信息的共享和整合可以在数字化条件下方便地实现，所提供的监测信息更加全面，因此数字化给智能化的实现提供了有效的手段和基础。

1.2 智能变电站二次系统

随着智能电网的发展和智能化设备及高速通信网络的应用，智能变电站发展非常迅速。智能变电站是按照 IEC 61850 标准协议整个变电站设备而分层构

建,可达成智能设备之间的信息共享与互操作的现代化变电站。智能变电站与传统变电站的不同主要体现在变电站的二次系统。因此,本节重点介绍智能变电站二次系统的结构及新特点,分析常规变电站、数字化变电站及智能变电站二次系统的不同,总结智能变电站技术发展及应用现状。

1.2.1 智能变电站二次系统结构

智能变电站二次系统的基本结构继承了分层分布式变电站结构。智能变电站结构从整体上分为三层,即站控层、间隔层和过程层。在逻辑结构上,在各变电站内部,过程层网络作为过程层设备和间隔层设备保持信息流畅的桥梁,变电站层网络作为间隔层设备与变电站层设备的中介保持其通信畅通,形成了智能变电站的三层设备、两层网络结构。根据 IEC 61850 标准分层的变电站结构,过程层网络上流通着两种非常重要的数据:SV 采样值报文与 GOOSE 报文。通过这两种报文,传输了变电站所需要的全部信息。其中,交流量的上送,即电流、电压值由前者完成,而上送开关量和下发分合闸控制命令则由后者来完成。智能变电站结构图如图 1-3 所示。

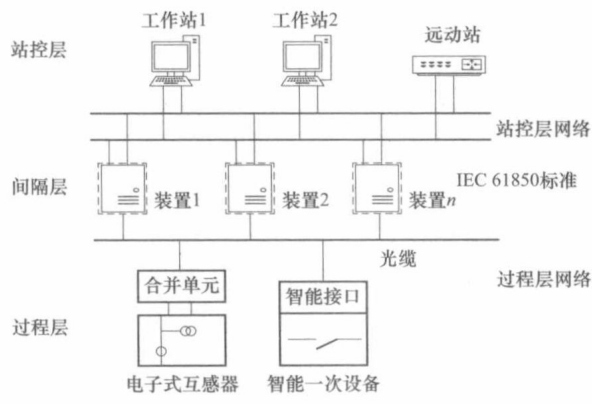


图 1-3 智能变电站二次系统结构图

1. 智能变电站二次系统三层设备

(1) 过程层设备。过程层设备主要包括非常规互感器、合并单元、智能终端及在线监测功能组件等,其主要实现运行电气量的采集、设备运行状态与健康状态的监测、控制命令的完成等与变电站一次系统联系紧密的功能。

过程层设备和一次设备侧是直接连接的。因此,其可实现与一次设备的结合和一定程度上的集成,这样,就需要其同一次设备一样就地化配置。过程层的所有设备一起完成二次系统需要的一次设备的全部信息的数字化。过程层设

备以过程层总线为媒介完成与间隔层设备的信息交换，同时利用 GPS 发出的同步信号保持全系统的时钟同步。

随着光学电压、电流互感器等非常规互感器的出现，现代电力技术的发展趋势是把完成与一次设备直接相关的功能的设备越来越多的从间隔层下放到过程层中。

(2) 间隔层设备。间隔层设备主要包括各种保护装置、测控装置、报文记录及故障录波装置、安全自动装置、电能表等。间隔层设备主要完成各种保护、控制功能，各间隔过程层设备采集的实时信息的汇总，各间隔及全站同期及操作联锁功能，与过程层及站控层的网络通信功能，实现数据承上启下的传输等功能。间隔层设备之间以间隔层网络为桥梁达到信息的共享，并且在过程可以完成的功能就可以将其分布于过程层内，达到资源的优化配置。

(3) 站控层设备。站控层设备主要包括应用服务器、实时采集终端、非实时采集终端、同步相量测量装置及电能量采集终端等，其主要实现汇集全站的实时数据信息，不断刷新实时数据库，并定时将数据转入历史数据记录库；按需要将有关实时数据信息或历史数据信息送往调度端和各级中心；对全站操作进行闭锁控制、站内就地监控及人机联系；接收控制中心或电网调度的调节控制命令并实时下发至间隔层与过程层；对间隔层、过程层的设备进行参数修改及在线维护等功能。

智能变电站站控层拥有变电站和控制中心的无障碍通信功能，且具备全站信息，因此，是协调全站有序工作的关键。

2. 智能变电站二次系统通信网络

智能变电站二次系统利用过程层和变电站层网络来连通站内的全部设备，实现全站的信息共享。

(1) 过程层网络。过程层网络分为 SMV 采样值网络和 GOOSE 网络。SMV 网完成实时电流、电压交流信息量的上传；GOOSE 网的主要功能是完成开关量及分合闸控制命令的实时传送。

过程层网络传输的数据流可分为以下 4 种。

- 1) 周期性采样值报文，由 MU 发送至 IED。
- 2) 周期性 GOOSE 报文即开关量输入报文，由 ISG 发送至 IED。
- 3) 开关量输出报文，如调整分接头、分合开关、投退设备、切换挡位等命令由 IED 发送 GOOSE 报文至 ISG。
- 4) 简单 IEEE 1588 时间同步或网络时间协议报文。

(2) 变电站层网络。变电站层网络通过 MMS/GOOSE 实现信息传递，完成整个变电站内信息的汇总和部分高级应用功能，与传统变电站监控网络的功能

和结构基本类似。

1.2.2 智能变电站关键设备及技术

智能变电站基于 IEC 61850 构建,其智能主要体现在两个方面,即采用智能化设备和实现高级应用。

智能设备是将智能组件整合优化至传统的一次设备,以数字化测量、网络化控制、可视化的状态、一体化的功能及信息交互功能为特征的高电压设备,即智能化高压设备的简称。由若干个 IED 集成的智能组件,可完成宿主设备所需的各种基本功能,如监测、控制、测量等。非常规互感器、智能终端在变电站中的应用是设备智能化的体现,并且非常规互感器的应用对于解决常规电磁式互感器的铁心饱和问题非常有效。智能组件及智能终端的应用,可实现过程层信息的网络化传输,采用高速通信网络替代二次电缆,有效地解决了二次电缆交直流串扰问题,并有效地减少了变电站占地面积。

由于智能组件的广泛应用,智能变电站采集的数据是全景式的,信息量非常大,但是这些数据不是不加分析就送往电力系统中的调度控制部门,而是通过对传送来的数据进行一系列的分析计算继而形成合理的可信赖的决策结果,可实现与调度机构的友好互动。与智能变电站相比,传统的变电站只实现了数据采集(遥测、遥信)、实时数据信息显示(CRT 或动态模拟屏)、远方控制(遥控、遥调)、监视及越限告警等基本功能,对于调度机构来说,是被动的工作方式。

1. IEC 61850 标准

最初,电网中的各项通信规约均为面向数据点而开发。由于早期的技术条件及实现方式的制约,信息传输规约中重点解决的难题是怎样传送数据。由于电力系统二次系统各项技术的更新换代及实现其配合的复杂度逐渐地增加,使得我们不能只局限于每一个子系统内部,而要拓宽视野,站在一定的高度上,来看待与设计各子系统的界限。一旦站在了系统的高度,以优化系统资源为目的出发时,那么,我们的焦点就放在了需要传送数据的内容上而非怎样传送数据。

因此,新一代的面向对象的电力系统标准已被先后制定,包括 IEC 61850(面向变电站二次系统)、IEC 61970(面向能量管理系统)及 IEC 61968(面向配网自动化系统)等。目前,涵盖电力一次系统、二次系统及通信系统的新一代标准体系已经建立。

智能变电站的无障碍通信体系均是基于 IEC 61850 构建的。IEC 61850 的应用范围并不限于变电站内部,还可以扩展至变电站间、变电站与调度中心间