

数字化变电站过渡方案的研究

古树平¹, 陈奇志^{1, 2}, 陈旺虎¹, 杨俊¹, 揭海宝¹, 陈可¹

(1 西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031; 2 成都交大光芒实业有限公司, 四川 成都 610031)

摘 要: IEC 61850 标准研究的逐步深入与电子式互感器等智能电子设备的发展, 使变电站实现全数字化成为可能。分析了传统变电站与数字化变电站的区别, 阐明了 IEC 61850 与原有协议的差异, 并结合现有变电站自动化系统的实际情况, 提出了过渡期数字化变电站的解决方案。

关键词: IEC 61850; 数字化变电站; 电子式互感器; 通信协议

Abstract: The digital substation can be realized with the development of IEC 61850 and intelligent electronic device such as electronic transformer. The differences between traditional substation and digital substation are discussed, and the distinctions between IEC 61850 and the existing protocols are also presented. Based on the actual situation of the existing automation system in substation, the transitional schemes of digital substation are proposed, which are feasible at the present stage.

Key words: IEC 61850; digital substation; electronic transformer; communication protocol

中图分类号: TM76 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)01-0041-03

0 引 言

新一代变电站自动化标准 IEC 61850 的推广和应用给变电站数字化奠定了基础, 计算机技术、网络通信技术以及电子式互感器等智能电子设备的发展为实现数字化变电站提供了有力前提。经过十余年的发展, 传统变电站自动化系统的弊端越来越明显, 数字化变电站的发展成为趋势, 但受电子式互感器、智能断路器等关键技术发展和应用不成熟的制约, 期间必然存在一个过渡期。因此, 现阶段对传统变电站进行数字化改造具有实际意义, 可为将来实现变电站全数字化积累宝贵的经验。

1 传统变电站与数字化变电站的比较

1.1 传统变电站存在的问题

随着变电站自动化技术的发展, 传统变电站的局限逐渐显现出来, 传统变电站主要存在以下问题: 在结构上, 一次设备和二次测控保护装置的连接需要大量电缆, 设计施工和运行维护都要耗费大量人力物力, 设备可靠性差, 占地面积大。在运行上, 二次接线的复杂使系统结构庞大, 自动化功能独立、堆砌, 缺少集成应用和协同操作, 数据缺乏有效利用。在通信

上, 早期的变电站自动化系统采用的是 RS-422/RS-485 通信接口, 其通信方式多为查询方式, 通信效率低, 难以满足较高的实时性要求, 且整个通信网上只能有一个主节点对通信进行管理和控制, 一旦主节点出现故障, 整个系统的通信将无法进行。后来发展为现场总线, 再到以太网, 在通信效率上有了很大提高, 但是各厂家在已有通信规约的语义理解上存在差异, 导致采用的应用层协议不同, 不同厂家的设备之间只有采用协议转换器才能解决不兼容, 无法从根本上解决设备间的互操作问题^[1, 2]。此外, 传统变电站还存在诸如安全性、可靠性不能满足电力系统发展的需求, 供电质量缺乏科学的保证, 不利于提高运行管理水平等问题。这些问题大多是由于变电站整体数字化、信息化水平不高, 缺乏能够完备实现信息标准化和设备之间互操作的变电站通信标准造成的。

1.2 数字化变电站的特点

与传统变电站相比, 数字化变电站的特点可简单归纳为: 智能化的一次设备、网络化的二次设备和变电站的信息化。图 1 对传统变电站和数字化变电站在结构、功能和通信方式上做了简单的比较。

数字化变电站具体表现为以下特点: 采用电子式互感器等非常规互感器, 直接输出数字信号, 在传输过程中避免了电磁干扰^[3]。简化二次接线, 取消传统的硬接线, 系统采用功能分布式结构, 各功能之间

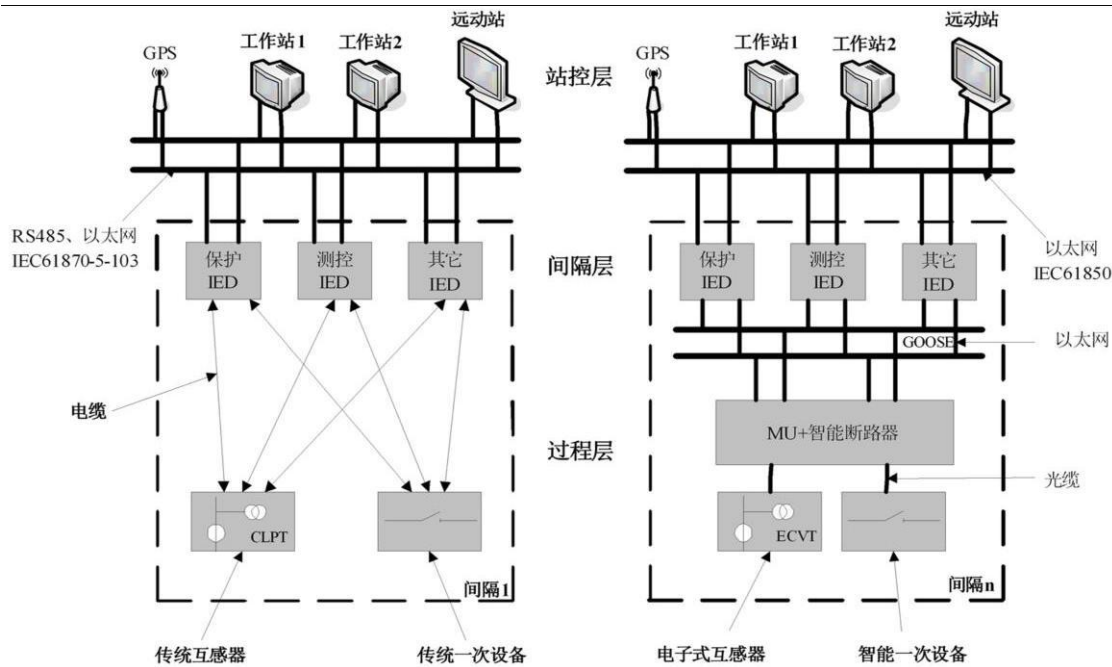


图 1 传统变电站与数字化变电站比较示意图

的逻辑配合关系建立在信息交换的基础上。电子式互感器、智能一次设备的测量信息和状态信息通过合并单元传输至过程总线，测控保护装置通过过程总线实现信息共享。由于采用 IEC 61850 做为站内统一的通信标准，符合 IEC 61850 的智能电子设备间能方便地实现互操作，变电站内实现无缝通信，同时变电站为远方控制中心提供一次设备监测信息、二次设备监测信息、电网运行状态信息、电网故障信息、计量信息等丰富数据，与控制中心之间真正达到信息共享。此外，数字化变电站实现了自动化的运行管理^[4, 6]，运行时发生故障时，能及时找出故障原因和处理意见，系统能自动发出变电站设备检修报告，即常规的变电站设备“定期检修”改为“状态检修”。

2 IEC 61850与原有协议的应用比较

2.1 IEC 60870—5—103 规约的特点和局限

传输规约 IEC 60870—5—103 (以下简称 103 规约) 继电保护设备信息接口配套标准是 IEC TC—57 技术委员会在 IEC 60870—5 系列标准的基础上制定的，在 IEC 61850 标准颁布之前，通常采用 IEC 60870—5—103 规约作为变电站内通信标准，该标准使变电站内不同继电保护设备和测控装置达到互换，提高了变电站通信的实时性。103 规约与国际标准化组织 (ISO) 的开放系统互联 (OSI) 7 层参考模型相比，是一种简化的通信协议，网络模型为增强性能结构，

只有物理层、链路层和应用层 3 层。103 规约采用非平衡传输，工作站、远动站组成主站，继电保护设备 (或间隔单元) 为从站 (子站)。配套标准描述了两种信息交换方法：一种是基于严格规定的应用服务数据单元 (ASDUs) 和“标准化”提出报文的传输应用过程的方法；另一种是使用通用分类服务可以传输几乎所有可能信息的方法。该协议的特点是详细地描述了遥测、遥信、遥脉、遥控、保护事件信息、保护定值、录波等数据传输格式和传输规则，可以满足变电站传输保护和监控的信息^[7, 8]。虽然 103 规约被广泛用于系统内部通信，但规约对通用分类服务的语法没有详细说明，容易引起歧义，且为面向信号的协议，只强调数据格式而对传输过程的说明不够详细，这也导致不同设备制造商在理解上存在差异，各厂家设备之间的互操作性也就难以实现。

2.2 IEC 60850 标准的特点

变电站内通信网络与系统标准体系 IEC 61850 的应用，使不同厂家的设备间达到信息共享并可实现互操作性。与 IEC 60870—5—103 相比，IEC 61850 标准具有以下特点：使用面向对象的建模技术，使用分布分层体系，应用层传输协议是面向对象自我描述的，数据对象是分层的，定义了收集这些信息的方法、数据对象、逻辑结点和逻辑设备的代号，并规定了名字的造句法，使任何对象的标识成为唯一的。IEC 61850 使用抽象通信服务接口 (ACSI)、特殊通信服务映射 SCSM 和 MMS 技术，可根据电力系统的特点来

归纳所需的服务类^[9-11]。此外, IEC 61850 涵盖了 IEC 60870-5-103 的数据对象, 具有互操作性, 是面向未来的、开放的体系结构。

IEC 61850 标准在逻辑上将变电站自动化系统分为变电站层、间隔层、过程层 3 层, 并将功能分解成相互联系的几个部分, 通过以太网实现数据及资源共享, 如图 2 所示。

各接口含义为: ①、⑥间隔层和变电站层之间的数据交换; ②间隔层与远方保护之间的数据交换; ③间隔层内部的数据交换; ④、⑤过程层与间隔层之间的数据交换; ⑦变电站与远方工程师办公地的数据交换; ⑧间隔层之间的数据交换; ⑨变电站层内的数据交换。

IEC 61850 标准的颁布解决了同一厂商或者不同厂商的多个 IED 之间的互操作性问题, 该标准必将成为变电站自动化系统的统一标准, 它的推广和应用为变电站自动化系统实现全数字化奠定了基础。

3 数字化变电站过渡期解决方案

实现变电站全数字化是一个长期的过程, 国内 IEC 61850 标准的应用研究还需不断深入探索, 非常规互感器的稳定性还需要一段时间的实际检验^[12], 智能断路器技术发展尚不成熟, 期间必然存在一个过渡期。在过渡期内, 可采用进入实用化阶段的电子式

互感器和智能断路器控制装置, 结合现有系统的实际情况, 同时考虑新型智能电子设备与常规设备的兼容, 提出了过渡期内可行的解决方案。

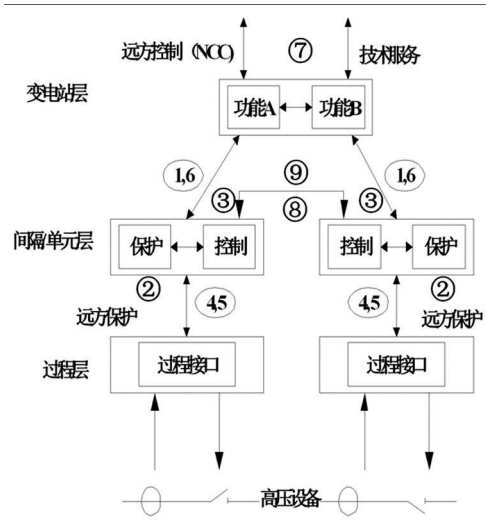


图 2 数字化变电站系统接口模型

本方案对传统变电站进行了两种不同的数字化改造。如图 3 所示, 方案中间隔 A 采用支持 IEC 61850 的测控和保护装置, 在目前相对成熟的变电站层和间隔层之间实现 IEC 61850 通信, 实现了不同厂家 IED 之间的互联和互操作。常规断路器等开关设备仍采用硬接线形式与测控保护装置连接, 采用电子式互感器与常规互感器相兼容的方式达到优势互补, 并通过合并单元把数据上送至测控保护装置。相比原有系统, 间隔 A 方案只是进行了简单的数字化改

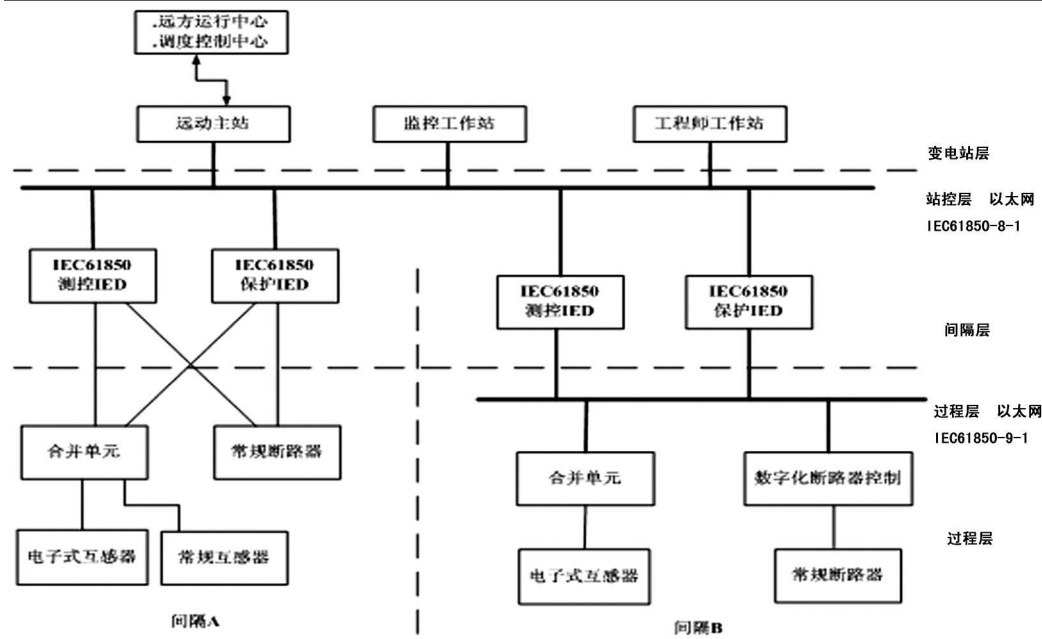


图 3 数字化变电站过渡期解决方案

(下转第 78 页)

[5] 张步涵,沙立华,曾次玲.基于随机生成树的配电网重构模拟退火算法[J].华中科技大学学报:自然科学版,2005,33(6):76—79.

[6] Nara K, Shiose A, Kitagawa M, et al. Implementation of Genetic Algorithm for Distribution Systems Loss Minimum Reconfiguration[J]. IEEE Trans on Power systems 1992, 7(3): 1044—1051.

[7] 黄健,张尧,李绮雯.蚁群算法在配电网重构的应用[J].电力系统及其自动化学报,2007,19(4):59—64.

[8] Hirotaka Yoshida, Kenichi Kwata, Yoshikazu Fukuyama. A Particle Swarm Optimization for Reactive Power and Voltage Control Considering Voltage Security Assessment[J]. IEEE Trans on Power Systems 2000, 15(3): 1232—1239.

[9] 夏媚珠.基于改进遗传算法的配电网重构的研究[D].南宁:广西大学,2004.

[10] Kennedy J, Eberhart R. Particle Swarm Optimization[C]. IEEE international Conference on Neural Networks, Perth, Australia, 1995.

(收稿日期:2009—12—10)

(上接第 43 页)

造,但相比传统变电站系统,数字化程度高,运行维护工作量大大减少,此方案为后一步增设过程总线做了一定准备,在过渡期采用这种方案是可行的也是较容易实现的。

间隔 B 方案为采用 IEC 61850 协议和电子式互感器的实用型数字化变电站方案。站控层和间隔层实现 IEC 61850—8—1 通信,过程层采用 100 M 以太网,实现了 IEC 61850—9—1 通信,并达到了信息共享。方案采用电子式互感器,通过光纤接入合并单元,合并单元处理后再将数据上送至过程总线,常规断路器则通过数字化断路器控制单元将自身状态信息送至过程层。支持 IEC 61850 标准的测控保护装置再收集来自过程总线的数据送至站级总线。相比间隔 A 方案,该方案数字化程度更高,且过程层、站控层均实现 IEC 61850 新标准通信,真正实现了数据共享和智能电子设备间的互操作。

上述方案考虑了基于 IEC 61850 的新系统与基于传统技术的现有系统之间的兼容,通过改造,变电站数字化程度明显提高。随着变电站数字化改造经验的积累以及数字化关键技术研究 and 应用的逐步成熟,基于 IEC 61850 标准的完全数字化变电站必将实现。

4 结 语

IEC 61850 标准体系的应用研究,为变电站自动化技术带来了重大突破。数字化变电站特点为一次设备的智能化、二次设备的网络化和变电站的信息化,实现变电站全数字化是一个长期过程,需要不断从实际中积累经验,在现阶段推广切实可行的数字化变电站工程方案有助于推动变电站数字化技术的发展。非常规互感器、智能断路器技术的应用实践是实

现数字化的有力前提,实现变电站全面数字化将是电力系统发展的必然趋势。

参考文献

[1] 黄益庄. 变电站综合自动化技术 [M]. 北京:中国电力出版社,2000.

[2] 高鹏宇,游大海,刘国民.符合 IEC 61850 标准的数字化变电站内部通信的实现 [J].继电器,2006,34(12):69—72.

[3] 李九虎,郑玉平,古世东,等.电子式互感器在数字化变电站的应用 [J].电力系统自动化,2007,31(7):94—98.

[4] 高翔,张沛超.数字化变电站的主要特征和关键技术 [J].电网技术,2006,30(23):67—71.

[5] 丁书文,史志鸿.数字化变电站的几个关键技术问题 [J].继电器,2008,36(10):53—56.

[6] 曾庆禹,李国龙.变电站集成技术的发展——现代紧凑型变电站 [J].电网技术,2002,26(8):60—67.

[7] 廖泽友,蔡运清. IEC 60870—5—103 和 IEC 60870—5—104 协议应用经验 [J].电力系统自动化,2003,27(4):36—38.

[8] 李东江,李明,李斌,等. IEC 61850 标准的网络通信及其特定服务映射分析 [J].电网技术,2007,31(增刊 1):151—153.

[9] 谭文恕.变电站通信网络和系统协议 IEC 61850 介绍 [J].电网技术,2001,25(9):8—11.

[10] 吴在军,胡敏强.基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究 [J].电网技术,2003,27(10):61—65.

[11] 张结. IEC 61850 目标内涵分析 [J].电网技术,2004,28(18):76—80.

[12] 钱政,李童杰,张翔.电子式互感器校验方法的设计与实现 [J].北京航空航天大学学报,2006,32(11):1116—1119.

(收稿日期:2009—10—13)