

数字化变电站研究现状与应用展望

夏勇军, 苏 昊, 胡 刚, 董永德

(湖北省电力试验研究院, 武汉 430077)

[摘 要] 介绍了数字化变电站概念、主要特点、相关技术研究和工程应用进展, 结合电子式互感器、智能终端技术、网络通信技术和 IEC 61850 的实施情况, 阐明了现阶段开展数字化变电站建设的可行性, 指出作为未来数字化电网基本单元的数字化变电站是变电站技术发展的重要方向。

[关键词] 数字化变电站; 关键技术研究; 应用展望

[中图分类号] TM63, TM76 [文献标识码] A [文章编号] 1006-3986(2007)03-0009-04

Digitized Substation Research and Application Survey

XIA Yong-jun, SU Hao, HU Gang, DONG Yong-de

(Hubei Electric Power Testing and Research Institute, Wuhan 430077, China)

[Abstract] The concept and main characteristics of digitalized substation is introduced. Research and engineering application states of related technology are discussed in the paper. Based on development of electronic instrument transformer, intelligent terminal equipment, network communication and IEC 61850 regulations, the feasibility of constructing digitalized substation is illustrated. As a basic unit of future digitalized power system, digitalized substation should be a main trend of future substation technology.

[Key words] digitalized substation; pivotal technology research; application survey

1 数字化变电站的基本概念及特征

随着变电站综合自动化系统、基于微机数字信息的二次设备的不断推广和普及, 现有变电站已经具备了一定的数字式和自动化特征; 而最近大家广泛关注的“数字化变电站”的概念, 可以理解为在现有变电站技术的基础上, 结合电子式互感器、光纤网络通信技术、站内设备互操作技术的发展, 向数字化、自动化、智能化和网络化方向的进一步延伸。因此, 从这个角度来看, 数字化变电站中“数字化”的含义, 可以理解为变电站技术发展的一个过程, 不同时期应该有不同程度的含义和内容。

国家电网公司科技部和南京自动化研究院曾组织召开“数字化变电站和数字化电网关键技术研究框架”研讨, 提出“数字化变电站是以变电站一、二次设备为数字化对象, 以高速网络通信平台为基础, 通过对数字化信息进行标准化, 实现信息共享和互操作, 并以网络数据为基础, 实现继电保护、数据管理等功能, 满足安全稳定、建设经济等现代化建设要

求的变电站”。本文将基于上述对数字化变电站的理解展开。

“数字化变电站”的特征可通俗地理解为以下几个方面:

(1) 一次设备的数字化和智能化。变电站内传统的电磁式互感器由电子式互感器替代, 直接向外提供数字式光纤以太网接口; 站内采用具备向外进行数字通信的智能断路器、变压器等设备, 或者在这些一次设备就地加装智能终端实现信号的数字式转换与状态监测, 达到一次设备数字化和智能化的要求。

(2) 二次设备的数字化和网络化。数字化变电站的二次设备除了具有传统数字式设备的特点外, 还具备对外光纤网络通信接口, 与传统变电站信息传输以电缆为媒介不同, 数字化变电站二次信号传输基于光纤以太网实现。

(3) 变电站通信网络和系统实现 IEC 61850 标准统一化。传统变电站中信息描述和网络通信协议标准的差异, 导致了不同设备间信号识别困难、互操作性差; 数字化变电站全站通信网络和系统实现均采用 IEC61850 标准, 该标准的完整性、系统性、开放性保证了数字化变电站站内设备具备互操作性的特征。

[收稿日期] 2007-05-06

[作者简介] 夏勇军 (1978 -), 男, 湖北天门人, 博士, 工程师。

(4)运行管理系统的自动化。在现有综自系统已经具备较大程度的自动化特征的基础上,数字化变电站在站内设备的互操作性、信号的光纤传输、网络通信平台的信息共享等方面进一步体现了运行管理自动化的特点。

2 数字化变电站的优势

数字化变电站近年成为业内关注的热点,主要是源于其在建设、运行、维护和管理等方面有其独特的优势。

(1)信号量测精度及互感器动态性能

数字化变电站采用电子式互感器实现信号的测量,并在二次侧直接输出数字信号通过光纤传输,可根本性地避免传统电磁式互感器由于采用铁芯而导致的饱和和铁磁谐振等因素的影响,提高保护测量精度;电子式互感器频率响应宽、动态性能好,可进行暂态电流、高频大电流和直流的测量,为保护和自动装置提供更加准确的电气暂态特性。

(2)信号传送环节的抗干扰能力

传统变电站内设备通过大量的电缆相连,信号传输环节较多,其间存在的电缆损耗、电磁兼容、电磁干扰、施工工艺等问题都会导致传输的模拟信号出现误差及失真;而电子式互感器输出、二次设备间通信等信号都通过光缆以数字量的形式传输,极大地增强了变电站信号传输环节的抗干扰能力。

(3)二次系统的安全性

电子式互感器绝缘结构简单,可以实现与高压一次侧有效的电气隔离;电子式互感器避免了传统互感器采用油绝缘而可能导致的漏油、易燃、易爆等危险。另外,电子式互感器的二次侧由光纤连接,不存在传统互感器二次侧 TA 开路、TV 短路或者两点接地等危险。

(4)二次回路的简化

传统变电站中电磁式互感器二次侧需经大量的电缆将各自的电压、电流信号送至不同的保护、控制和测量装置,二次回路复杂;而数字化变电站中每组电气量信号送至合并单元进行数据打包后,可通过光缆实现批量数字信息传送,二次回路及安装调试工作量都大为简化。

(5)网络化信号传输和共享效率

数字化变电站利用光纤和以太网实现设备连接,极大地提高了信号传输效率;而且,站内保护、测控、计量、监控、远动等都可共享一个网络信息平台,提高了信息共享效率,避免了设备重复设置。

(6)设备间的互操作问题

目前,传统变电站的综自系统虽然基本实现了计算机化和网络化,但是由于缺乏统一的通信规约标准,设备间互操作性差,很难实现全站设备信息及操作一体化;而数字化变电站采用的 IEC 61850 标准对站内智能电子设备的信息描述与访问方法都进行了全面的定义和规范,形成了统一的通信规约平台,解决了设备间的互操作问题。

(7)设备自检及自动化运行管理水平

数字化变电站内智能设备均具备(配备)相应监测和自检功能,通过站内信息平台能够实时查看各设备的运行状况,实时自检,便于维护;数字化变电站中信息传输基于网络通信技术实现,过程层、间隔层、站控层设备及网络通信设备等环节都可以得到有效的监控,极大地提高变电站运行的可观性、可控性和自动化水平。

(8)经济性

电子式互感器取代电磁式互感器、光缆取代电缆以及网络通信等技术的采用,使得数字化变电站工程占地面积减少,电缆沟土建工程量减少;二次回路的简化、智能设备的使用又极大地减少了建设和调试的工作量,缩短了建设工期;大幅减少铜质电缆的用量节省了矿产资源的浪费,符合国家节约型自主创新社会的政策导向。

数字化变电站的这些优势和特点,将在技术、运行和管理水平上较传统变电站有一个全面的提升,减少投运后运行成本、促进减员增效、提高自动化水平,具有重大的技术意义和经济效益。

3 相关技术研究及可行性分析

3.1 数字化变电站的结构形式

为适应变电站自动化和数字化技术的发展,1995年,国际电工委员会第 57 技术委员会(IEC TC57)开始制定变电站通信网络和系统规范体系 IEC 61850 标准,目前该标准已成为变电站自动化领域统一的、权威的标准体系,是数字化变电站实现无缝通信和互操作性的基础。

IEC 61850 标准将数字化变电站分为过程层、间隔层和站控层三层结构形式,如图 1 所示。

数字化变电站过程层主要包括电子式互感器、断路器和变压器等高压一次设备及其智能终端,该层主要实现信号的采集和对系统的操作控制;间隔层包括数字式保护、计量、监控等二次设备,负责间隔内信息的运算处理与控制,以及与过程层和站控

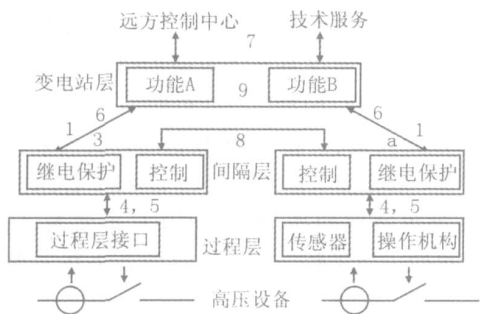


图 1 数字化变电站的三层结构形式

层的网络通信工作;站控层有些类似于传统变电站的综自系统,负责全站信息的管理和远方调度等信息的通信。层间信号传输均由光纤以太网实现,站内信息描述和通信规约均按 IEC 61850 标准实现。

3.2 过程层设备研究及工程应用情况

3.2.1 电子式互感器

电子式互感器的应用是数字化变电站最主要的特征之一。国外各大电气设备商都有相应的电子式互感器产品,例如,ABB、ALSTOM、SIEMENS 和日本三菱公司等都开发了各自的电子式互感器产品,并有广泛的挂网运行经验。

我国关于电子式互感器的研究起步于 20 世纪 90 年代,目前已取得了突破性的研究及应用成果。如国产 OET700 系列电子式电流和电压互感器已在江苏 220 kV 六合变电站、内蒙 220 kV 杜尔伯特变电站和兰州 330 kV 永登变电站成功应用;基于纯光学原理的自适应光学电流互感器也有应用案例。此外,国内外各大电气厂家还有一系列配套于 GIS 的电子式互感器产品。

3.2.2 一次设备的智能化与数字化实现

数字化变电站内一次设备(断路器、变压器等)智能化和数字化的特点主要要求一次设备除了具备传统功能外,还应兼有在线状态监测、智能控制和数字接口等功能,即能够实现设备运行的实时状态评估,并通过 IEC 61850 标准实现与其他设备的数字式信息交互,以满足设备互操作性要求。

就智能断路器装置而言,ABB 的 PASS 较具代表性,该智能断路器装置将断路器、隔离开关、接地开关、电子式互感器、避雷器等组合成一个整体的封闭单元,执行测量及开关功能的同时,监测设备运行状况,输出信号以数字形式经光纤传输,实现数字化变电站的通信接口功能。

除了断路器设备外,目前,其他一次设备(变压器、高抗、避雷器等)还没有完全智能化产品的报

道。而智能终端技术的采用,为现阶段实现一次设备的智能化和数字化提供了现实可行的途径。

智能终端为就地加装在一次设备附近的信号转换和状态监测控制箱。智能终端同时具备与常规一次设备的电缆连接接口和光纤以太网接口功能,自身完成信息转换以实现传统一次设备和其他基于 IEC 61850 标准智能电子设备的信息交互;此外,智能终端还可配备传统一次设备的状态监测功能,以实现一次设备智能化控制的特点。

目前,国内已生产了与常规一次设备配备的一系列智能终端产品,在现阶段完全智能化一次设备型号相对较少的情况下,为一次设备智能化和数字化提供了有效手段。

3.3 间隔层设备研究及工程应用情况

间隔层设备主要包括数字式保护、测控与电能计量、故障录波、安全稳定控制等二次系统。由于数字化变电站的数据传输模式由模拟量向数字量的改变,迫切需要基于光纤接口和 IEC 61850 通信协议相应二次系统的研究和开发,以适应全站数字化的要求。

数字化变电站二次设备与传统二次设备的主要差异是由光电转换接口插件替换原来的模数转换插件。其他环节(信号处理、保护原理和算法等)并无本质差异,目前,国内相关产品如 DTSD/DSSD1056 数字式电能表、PSL600 数字式线路保护装置、PSL630 数字式断路器保护装置、PST1200 系列变压器保护装置、SCB750 数字式母线保护装置都有现场运行经验。另外,北京博电公司还研制了直接输出基于 IEC 61850 标准光电信号的“PWF 光数字式保护测试仪”,可完成数字化变电站新型数字式保护装置的调试工作。

3.4 站控层系统的研究及工程应用情况

长期以来,变电站自动化系统通信、站内设备描述等规约标准的差异,导致设备之间互操作性差,成为了变电站自动化技术发展的“瓶颈”。IEC 61850 标准提出至今,已成为变电站自动化系统领域权威的标准体系。

为促进 IEC 61850 标准的实施和推广,截止 2006 年底,我国国调中心先后组织了 6 次站控系统及其设备的 IEC 61850 互操作试验,极大地促进了国内产品的发展和成型。

在这些工作的推动下,我国已成功研制了基于 IEC 61850 的数字化变电站自动化控制系统,并在北京 500 kV 顺义变、湖北宜昌 220 kV 獠亭变、江苏

苏州 220 kV 虎丘变等变电站投入运行,积累了丰富的现场运行经验。

4 数字化变电站建设的可行性探讨

4.1 数字化变电站是科技进步的必然发展趋势

继电保护和安全自动装置的实现原理由最初的电磁型、晶体管型、集成电路型逐渐发展到现在的微机原理,体现了一个从能量型逐步向低功耗非能量型的发展过程,而数字化变电站相关技术的应用与推广,进一步证实和延续了这一发展规律。

随着科技发展,电子式互感器、智能化一次设备、在线监测技术、计算机网络及通信技术日趋成熟,数字化变电站的研究和应用将逐步进入工程实用化阶段,数字化变电站技术的不断推进和发展是科技进步的必然趋势。

4.2 电子式互感器技术的发展提供了基础

传统变电站中以电磁式互感器和电缆作为信息主要传递的通道,存在诸多缺陷和技术瓶颈,可以说在二次设备的技术层面上,目前传统的电磁型互感器技术以及二次回路的电缆传输模式已经落后于当前二次设备技术的发展。而电子式互感器可以从本质上解决这些问题,进一步提高二次系统的可靠性。

国内电子式互感器实现原理和制造工艺的不断改进,使得国产设备已具备较高的性能,而且相关产品已有 3 年多的挂网运行经验,在云南翠峰、南京六合、内蒙古杜尔伯特、兰州永登等变电站运行情况良好。电子式互感器技术的日趋成熟为数字化变电站的实施提供了基础保证。

4.3 智能终端技术促进了一次设备智能化的实现

目前,虽然完全智能化的一次设备型号相对较少,但近年来,状态监测技术及具备百兆以太网接口的智能终端的研制和应用,使得采用“常规一次设备+智能终端”来实现一次设备智能化的方案得以成型和发展。

智能终端就地实现电气设备的状态监测,并通过基于 IEC 61850 标准的通信接口实现与过程层的通信功能。目前,国内已有一系列的智能终端设备,并有一定的运行经验,智能终端设备可以作为现阶段完全智能化的一次设备选型相对困难时,实现一次设备智能化和数字化现实有效的方法。

4.4 数字化变电站设备间互操作性要求的满足

基于 IEC 61850 的变电站自动化系统和二次系统网络通信协议满足了数字化变电站互操作性的要

求。在国网公司互操作试验的推动下,基于 IEC 61850 数字化变电站系统和设备的研究已取得了较大进展,基于 IEC 61850 的变电站自动化系统已在诸多变电站投运,而且,国内投运的较具代表性的云南 110 kV 翠峰变电站和内蒙古 220 kV 杜尔伯特变电站在站内通信均按 IEC 61850 标准实现,将 IEC 61850 规约应用于数字化变电站的各个环节都现实可行。

4.5 数字式保护、监控、计量和录波等装置的支持

具备光纤以太网接口和 IEC 61850 通信协议标准的数字式保护、监控、计量和录波等二次设备,促进了数字化变电站过程层设备的成型。例如,内蒙古 220 kV 杜尔伯特数字化变电站中已有该类新型数字式线路保护、变压器保护、母线保护、测控装置、远动装置等二次设备投运,运行稳定。现有二次设备技术能够满足数字化变电站建设的需要和发展。

5 结论与展望

在电子式互感器技术、一次设备智能化和数字化技术、变电站通信协议及网络技术、数字式保护、综合测控装置、故障录波、电能计量等一系列设备基本具备数字化变电站建设所需的要求,而且已积累了大量运行经验的基础上,进一步开展并深入推进数字化变电站工程建设,体现了技术革新的时代要求,对克服常规变电站技术瓶颈,进一步提高变电站运行的安全性和自动化水平有着重大意义。而且,目前国内已有几座数字化变电站试点投运,可以说,现阶段开展数字化变电站的试点建设从技术层面上完全可行。

需要指出的是,目前数字化变电站建设中相关环节的技术标准和检验规范的制定相对滞后,例如,统一规范的电子式互感器试验认证体系、电子式电能计量系统的校验体系、数字化变电站网络的可靠性及实时性测试体系等等。这些标准、规范和试验体系都急需在数字化变电站技术试点和应用过程中不断制定和完善,以进一步规范和指导数字化变电站技术的推广和发展。

可以预计,在现有技术水平不断发展和运行经验不断总结的基础上,数字化变电站将以其在数字化、自动化、智能化、安全性和互操作性等方面的优势,成为未来变电站技术发展的必然趋势。数字化变电站的建设和发展会像当年微机保护替代集成电路保护一样雨后春笋般地展开。