

# 变电站自动化技术的发展方向

黄益庄

(清华大学电机系, 北京 100084)

**摘要:** 分析了与变电站自动化系统密切相关的新技术的发展与应用对其技术发展趋势的深刻影响。介绍了电子式互感器技术的发展, 为保护和控制的集成与新原理保护的研究创造了有利条件; 柔性交流输电技术的快速发展和多媒体音频和视频技术及光纤通信在变电站的应用, 扩展了变电站自动化系统的安全监控和故障诊断等功能; 电力工业运营机制的改革, 对变电站自动化系统的功能和可靠性提出了更高的要求。显然, 随着新技术的不断涌现和应用, 将全面推动变电站自动化系统的功能和结构向全数字化、高度智能化、传输规约和传输网络标准化的方向发展。

**关键词:** 变电站自动化; 保护与控制集成; 电子式互感器; 多媒体技术

## Development tendency of substation automation technology

HUANG Yi-zhuang

(Dept of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the important influence of the development and applications of some new technologies to substation automation system, this paper proposes the possible tendencies in this field. With the development and application of the electronic instrument transformer technology, the rapid development of flexible alternate current transmission technique and the application of multimedia and the optical fiber communication technologies in the substation, the functions of security monitoring, fault diagnosing and so on in substation automation systems have explicitly expanded. The reform of working mechanism of the electrical power industry raises much more requirements to the functions of substation automation systems. It is obvious that accompanying with the ceaseless emergence and application of new technologies, the functions and system architecture of substation automation system will be promoted to the direction of complete digitization, high level intelligentization, and standardization of transmission protocol and transmission networking.

**Key words:** substation automation; integration of protection and control; electronic sensor; multimedia technology

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)06-0001-04

## 0 引言

变电站自动化技术经过近二十年的发展已经达到一定的水平, 我国城乡电网改造与建设中不仅中低压变电站采用了自动化技术, 而且在 220 kV 及以上的超高压变电站建设中, 也大量采用自动化新技术, 从而大大提高了电网建设和电网调度的现代化水平。然而, 技术的发展是没有止境的, 随着大规模集成电路技术、计算机技术、多媒体技术、通信技术和传感器等相关技术的发展, 以及电力系统有关理论、技术和管理模式的发展, 势必对已有的变电站自动化系统的技术、功能、内容、硬件组成

和体系结构产生深刻的影响, 全数字化的变电站自动化系统将实现。

## 1 保护和集成系统的发展

### 1.1 保护和集成是实现数据共享的主要手段

数据共享是变电站自动化的一个主要特点, 将保护和集成功能集成到同一装置中, 是实现数据共享的主要手段。SCADA 所需要的许多数据和继电保护所处理的数据是相同的。因此将分布式的变电站 SCADA 集成到微机保护中, 使保护和 SCADA 共用一个硬件平台, 则可实现明显的经济性。

采用 PRO SCADA 策略需要注意以下问题:

(1) 集成而不牺牲功能。当把这些不同的保护和 SCADA 的应用结合在一起时, 各保护功能要求的可靠性和快速性必须被保证; 控制功能所要求的准确的测量数据和采用安全的规约, 也必须被满足。

(2) 保护和控制集成的关键是传感技术。目前我国现有实现数据完全共享的保护与测量综合装置, 一般只限于应用在 35 kV 及以下电压等级的系统中。其主要原因在于模拟量输入信号都来自传统的电磁感应式的互感器。它们存在磁饱和、铁磁谐振、动态范围小和暂态特性差等缺点, 而且随着电力系统传输容量不断增大, 电压等级不断升高, 不可避免地带来绝缘结构复杂、体积庞大等问题, 给继电保护的可靠性和灵敏性构成威胁, 这也是目前测量和保护不容易数据共享的主要根源。

## 1.2 电子式互感器的应用将促进保护和控制集成的实现

自 20 世纪 70 年代以来, 国内外不少高等院校、研究单位和公司对光学传感技术在电力系统的应用进行了大量的研究, 并已取得可喜的成果。可以预计光电传感器的应用, 对变电站自动化系统结构的变革和功能的不断完善以及技术性能的进一步提高, 将起很有力的推动作用, 表现在以下几方面:

(1) 由于电子式互感器具有宽阔的频率范围和不饱和特性, 因此可以实现继电保护和测量控制的完全数据共享。

(2) 电子式互感器响应速度快, 动态范围大, 可以抓住故障时瞬变过程的波形, 发展新原理的继电保护装置。

(3) 电子式互感器的抗干扰能力强, 电绝缘特性优, 使原来只能集中组屏的高压线路保护装置和变压器保护, 可以分散安装于高压场附近, 并利用光纤技术和局域网络技术, 将这些分散在各开关柜的 PRO SCADA 集成功能模块联系起来, 构成一个全分散式的自动化系统。

基于光学和电子学原理的电量传感器具有突出的优越性, 它的广泛应用, 必将带来保护和测控领域技术上的又一次变革。

## 2 电子式互感器的应用将促进全数字化变电站自动化系统的实现

### 2.1 电子式互感器的发展动向

基于光学和电子学原理的电子式电压、电流互感器(分别简称为 EVT 和 ECT)的研究工作, 经过 30 多年的发展, 以其突出的优点, 成为最有发展前途的电力系统电压、电流的测量设备。早期的电子式互感器一次侧和二次侧通过光纤传输信号, 也

称为光电式互感器。2002 年, IEC 根据新型电子式电压、电流互感器的发展趋势, 制定了关于 EVT 的 IEC 60044-7 标准和 ECT 的 IEC 60044-8 标准, 明确了电子式互感器的定义及相应的技术规范。

日本、美国、法国、英国、德国等工业发达国家已先后生产出实用化的光学电流、电压传感器。ABB 公司已经研制出 69 kV 到 765 kV 的磁光式光电电流互感器和电光式电流互感器, 测量电流范围为 5 A 到 2 000 A, 准确度达  $\pm 0.2\%$ ; 同时研制了用于 GIS 中的复合式电子电压、电流互感器, 电流测量范围为 5 A 到 2 000 A, 电压测量范围为 69 kV 到 500 kV, 准确度达  $\pm 0.2\%$ ; 500 kV 电压等级的电子式互感器在我国新建的变电站中也有了成功的应用。法国的 AREVA 公司利用法拉第效应研制了电子式电流互感器, 在  $-30^{\circ}\text{C}$  至  $+50^{\circ}\text{C}$  的范围内, 准确度达到  $\pm 0.2\%$ 。西门子公司的光纤电流互感器在我国南方电网天广 500 kV 直流输电工程的变流站可靠地运行了几年。国内这方面的研究单位有华中科技大学、清华大学、电力科学研究院、武汉高压研究所、沈阳变压器制造有限公司、南瑞继保电气有限公司等, 已取得可喜的进展。南瑞继保电气有限公司已研制可用于 110 kV、220 kV GIS 的有源电子式电流互感器, 实验表明在  $-30^{\circ}\text{C}$  至  $+50^{\circ}\text{C}$  的范围内, 其计量精度达 0.2 级。2004 年 6 月国电南自的南京新宁光电自动化有限公司研制的“电子式互感器”通过中国电力企业联合会组织的产品鉴定。

我国关于电子式互感器的国家标准的制定已基本完成, 近期将公布。国家电子式互感器的检测中心已经建立在武汉高压研究所, 这意味着电子式互感器的产品化应用已经具备了行业规范, 为其市场化提供了基础平台。

电子式互感器可直接输出光电转换后的数字信号, 可大大地简化与继电保护、计量装置等智能电子设备的接口。今后全面代替传统的互感器是必然的趋势。它的应用将全面促进数字化的变电站自动化系统的实现。

### 2.2 电子式互感器的应用促进了基于高频暂态信号原理的保护的研究

电力系统发生故障时, 会产生从工频到高频噪声的故障暂态分量, 这些故障暂态分量中, 必然含有与故障有关的各种信息, 包括故障点、故障类型、故障程度、故障持续时间等。对这些信息的提取与分析利用, 是提高保护性能的关键, 它可以解决传统保护性能上存在的不足。利用暂态量的保护, 要求对  $u, i$  的采样速率较高, 电磁型的互感器无法满足这个要求。基于光电原理的互感器的研究、应

用, 将为基于高频暂态信号的保护原理的研究, 创造了实现的条件。

### 3 变电站自动化系统要适应电力市场化的需求

电力工业的经营机制正在从行业垄断转向竞争的电力市场。电力经营变革的目标是降低电价, 提高供电质量, 改善服务, 提高电力企业的自身经济效益。高压和超高压变电站的自动化系统必须适应这种新经营机制变革的形势, 以便更有效、更经济地运行。为此, 变电站自动化系统除了完成现有系统的保护和测量及监控功能外, 必须增加新的功能:

(1) 实时监视并快速控制联络线功率。对与联络线紧密联接的变电站来说, 实时监视并控制联络线的功率使之保持在允许的范围内, 对电网的安全和稳定运行非常重要。

(2) 加强互联电网预防和紧急控制的研究。例如: 广域过负荷控制、广域预防电压崩溃控制和广域系统稳定控制等。这些控制模块都将是变电站自动化系统的一部分, 必将增加变电站自动化系统软、硬件的复杂性, 更需要数据共享, 在不同层次上协调控制, 促进变电站保护和控制集成的新发展。

(3) 加强新原理的继电保护装置研究。以适应大电网高电压对继电保护动作速动性和可靠性的要求, 并能适应运行状态和运行参数多变性的需要。

### 4 柔性交流输电技术的发展进一步提高变电站自动化水平

柔性交流输电技术 (FACTS) 的主要内容是应用电力电子技术的最新成就以及现代控制技术实现对交流输电系统参数和网络结构的快速灵活控制, 以期实现输送功率的合理分配, 降低功率损耗和发电成本, 提高系统的稳定性和可靠性。FACTS 技术, 近年来发展非常迅速, 主要包括: 静止无功补偿器 (SVG)、静止调相器 (ASVG)、可控串联电容补偿器 (TCSC)、统一潮流控制器 (VDFC)、变压器抽头有载可调节器 (TCTC)、次同步震荡阻尼器 (NGH-SSR Damper)、固态断路器 (SSCB)、故障电流抑制器 (FCL) 等等。

FACTS 在电力系统中的应用, 使控制输电网络的参数成为可能, 从而可优化系统的功率传输, 增加系统稳定性, 并将大大提高电力系统的自动化水平和提高控制、管理水平。

### 5 多媒体和光纤网络在变电站自动化系统中的应用

#### 5.1 多媒体技术在变电站应用的优越性

多媒体信息主要有 4 个形式: 视频、音频、图形、文本。多年来, 大多数变电站自动化系统的人机界面基本上是以图形和文本为主的静态媒体; 语音报警用于变电站发生事故或异常时提醒运行人员注意。目前多媒体技术尚未在国内变电站普遍推广应用。少数已应用的变电站中, 实际上以视频技术的应用为主。习惯上将这种实现以视频信息为主的多媒体信息演示系统称遥视系统。它可使主站运行人员以最佳的观察效果观察变电站各个角落和各种设备在现场的运行实况。应用多媒体技术可以对变电站的动力环境进行监控, 例如变电站防盗、防火、防爆、防泄露、防水的监控等, 使运行人员能及时发现变电站环境的异常变化。

变电站音频信息包括现场设备运行声音、调度电话等。多媒体音频技术与视频技术配合, 可以使运行人员“听见”变电站各种设备的声音, 从声音的角度对设备的运行状况进行判断并及时发现设备的异常。总之, 多媒体技术在变电站的综合应用, 更有利于实现变电站真正的无人值班。

#### 5.2 光纤通信网络是传输多媒体信息的最佳选择

多媒体视频图像数据量庞大, 即使采用图像压缩技术, 信息量仍很大, 要保证遥视功能的服务质量, 需要有高速的信道和宽带网络。

光纤通信与传统的通信原理比较, 具有中继距离长、传输容量大、传输质量好, 特别是具有抗电磁干扰能力强, 不受高电压、大电流影响等优点; 光纤还具有抗辐射、耐腐蚀、耐水浸、耐油污、耐高温等优良的环境兼容性。因此采用光纤作为传输媒质组成局域网, 是变电站的实时控制数据和多媒体数据最优的选择。

### 6 传输规约和传输网络标准化

随着现代电网结构日趋复杂, 电网容量不断扩大, 实时信息传送量成倍增多, 对调度自动化系统和厂、站自动化系统的数据通信提出了更高的要求: 变电站自动化系统的传输规约和传输网络的标准化, 是实现可靠、快速通信的保证。目前变电站自动化系统使用的产品的通信规约可能是 CDT451-91、IEC 60870-5-101、102、103、104 等。在变电站自动化系统集成过程中面临的障碍是不同厂家的 IEDs, 甚至同一厂家不同型号的 IEDs 所采用的通信协议和用户界面各不相同, 因而难以实现无缝集成和互操作。需要额外的硬件 (如规约转换器) 和软件来实现 IEDs 互联, 使用户很难选择不同厂家的最优产品, 这在很大程度上削弱了变电站实现自动

化的优点和意义。为此,要求变电站自动化系统的IEDs,在实现基本功能之外,还应具备互操作性、可扩展性和高可靠性等性能。

国际电工委员会 IEC 在充分考虑上述变电站自动化系统的功能和要求,特别是互操作性要求的基础上,制定了变电站内通信网络与系统的通信标准体系:IEC 61850 标准。IEC 61850变电站无缝通信体系标准是1999年的IEC TC57京都会议和2000年SPAG会议提出的,它采用分层分布式体系、面向对象的建模技术,使得数据对象的自描述成为可能,为不同厂商的IEDs 实现互操作和系统无缝集成提供了途径。

国外针对标准的应用和研究开始较早,相应的示范工程在制定IEC61850的过程中就开始实施:美国、德国、荷兰等国都有示范工程,用以验证IEC 61850变电站自动化标准,通过实践来促进标准的进一步完善,示范工程的总结已在2000年CIGRE会议上发表。国外大公司对IEC 61850的研究,在理论上已经成熟。尽管IEC 61850到2004年才陆续出版完整,但SIEMENS、ABB等公司在此之前已经推出了IEC 61850的变电站自动化系统的产品。

中国电力企业联合会于1999年11月成立专门工作组,组织了国内大的制造商和研究机构对该标准进行研究和消化,并列入了2003年电力行业修订计划中。目前已经全部翻译完成,2004年开始陆续转化为我国电力行业标准,这为该协议在我国大范围的推广应用创造了良好的环境和条件。

因此,目前各大电力公司、研究机构和制造厂家都应积极调整产品研发方向,力图和新的国际标准接轨,以适应未来的发展方向。

## 7 结束语

随着新技术的不断涌现和原有技术的不断完善

以及电力市场的发展,将推动变电站自动化系统的功能和结构向全数字化、高度智能化、传输规约和传输网络标准化的方向发展。

## 参考文献

- [1] 黄益庄.变电站综合自动化系统技术[M].北京:中国电力出版社,2000.  
HUANG Yi-zhuang.The Technology for Integrated Substation Automation Systems[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [2] 曾庆禹.变电站自动化技术的未来发展(一)[J].电力系统自动化, 2000,34(18):1-4,34.  
Zeng Qingyu, The Development of Substation Automation Technology in the Future Part I[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 34(18): 1-4,34.
- [3] 罗毅,涂光瑜,张锦辉,等.变电站自动化系统中多媒体技术应用和通信模式[J].电力系统自动化, 2001, 25(9): 48-52.  
LUO Yi,TU Guang-yu, ZHANG Jin-hui,et al. The Application of Multi-media Technology to Substation Automation Systems and the Communication Modes[J]. Automation of Electric Power Systems,2001, 25(9): 48-52.
- [4] 谭文恕.远动的无缝通信系统体系结构[J].电网技术, 2001,24 (8): 8-10.  
TAN Wen-shu. Seamless Telecontrol Communication Architecture[J]. Power System Technology, 2001, 25(8): 8-10.

本文为2006年10月“中国电力系统保护与控制学术研讨会”大会发言稿

## 作者简介:

黄益庄(1938-),女,教授,主要研究方向是变电站综合自动化、微机保护,电能质量分析与控制。E-mail: hyz-dea@mail.tsinghua.edu.cn

## 许继继电保护装置参加华北电网检测性能表现出众

日前,天津市电力公司向下属的各供电公司、物流管理中心、电力招投标中心、技术中心、电力设计院和电力工程监理公司通报了华北电网微型继电保护装置检测试验结果。许继电气股份公司研制的WBH-801A/R型220kV变压器保护装置、WBH-812A/R1型110kV变压器保护装置、WXH-813A/B1/B2型110kV线路保护装置综合性能优异,受到专家一致好评。

为加强继电保护及安全自动装置的入网、运行管理,保证原理先进、质量可靠的保护装置在华北电网中使用,2007年华北电网有限公司组织开展了220kV及以下常用微型继电保护装置性能比对检测。天津市电力公司作为主要参加单位派出了继电保护专家参与了检测方案、试验模型、试验项目的研究制定,并参加了整个试验过程。

2007年8月28日至10月8日期间,微型继电保护装置性能比对检测试验在华北电力科学院电测试验室和数模试验室进行,共有8个继电保护装置生产厂家的7种类型共50个型号的继电保护装置参加了检测,检测项目包括数模试验、常规试验和电磁兼容试验。2007年12月12日,在华北电力科学研究院召开了检测结果评审会,华北网内继电保护专家对此次性能比对检测结果进行了认真评审,认为检测项目全面、检测标准客观、检测结果反映了装置的实际性能水平。