

数字化变电站新技术的发展现状及其对行业影响浅探

陈天香¹, 王若醒², 魏勇²

(1. 江苏南通供电公司, 江苏 南通 226006; 2. 许继电气技术中心, 河南 许昌 461000)

摘要: 数字化变电站是变电站未来发展的方向, 四大领域的技术创新是数字化变电站得以发展和突破的基石。新技术的应用将给传统行业带来巨大的冲击和深远的影响, 该文试对此做出分析和探讨, 以图抛砖引玉。

关键词: 数字化变电站; 新技术; 行业影响

New technology development status of digital substation and its effect to industry

CHEN Tian-xiang¹, WANG Ruo-xing², WEI Yong²

(1. Nantong Power Company Co., Nantong 226006, China; 2. XJ Electric Technology Center, Xuchang 461000, China)

Abstract: Digital substation is a developing direction in the future, the technology innovation of the four domain is the base of digital substation development. The application of new technology will make traditional industry large affection and impact. This paper try to analyze and discuss.

Key words: digital substation; new technology; effect to industry

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)07-0086-05

0 引言

变电站综合自动化系统技术经过 10 余年的发展, 目前已经基本成熟, 得到了广泛的工程应用, 获得了巨大的成功。但是综自系统采用传统的互感器及开关设备, 需要铺设大量的采集和控制、信号等二次电缆, 数据采集环节冗余, 各子系统的功能重复配置, 不仅造成浪费, 而且与一次设备的电缆接线复杂, 系统可靠性受二次电缆影响比较大, 二次回路的检修工作量很大, 装置间缺乏整体协调和优化, 信息对象未统一建模导致信息共享难, 系统扩展复杂。为了解决以上问题, 数字化变电站各项新技术得到了飞速发展和应用。

数字化变电站是以 IEC61850 系列标准为先导牵引, 以 OCVT/ECVT 等非常规互感器、智能断路器技术发展为突破口, 以网络技术发展为支撑的系统化工程。与传统变电站相比, 具有八大主要技术特征^[1], 引入了过程层的概念, 信息应用模式发生了根本变化, 基于网络的信息交互更加广泛, 更加智能化的一次设备与二次设备的界限变得模糊, 一次和二次设备实现了初步的融合, 这也符合未来的技术发展趋势。

IEC61850 系列标准、非常规互感器、智能断路

器、高速工业以太网这四大新技术领域的创新就像四个有力的引擎推动着传统的变电站自动化系统进入到全新的数字化变电站发展阶段。

由于历史的原因, 四大技术领域的发展也是不均衡的, 是有先后顺序的; 国内和国外的侧重点也有差异。另外, 根据历史的经验, 新技术领域的发展也必将对传统行业(如电网生产运营管理、电力装备制造)的管理模式或市场格局带来巨大冲击和深远的影响, 本文试对几大技术领域的发展现状及其对行业的影响进行分析和探讨, 以图抛砖引玉。

1 四大新技术的发展现状

1.1 IEC61850 通信及建模标准^[2]

IEC61850 通信及建模体系不同于以往的传统规约, 是一套完整的体系, 包含了 10 个标准文本; 自 2004 年第一版颁布后, 我国电力标委会积极跟踪研究并转化为国内 DL/T 860 系列行业标准, 并与 2007 年 11 月提出了《DL/T860 系列标准工程化实施技术规范》, 以规范在我国的实际工程应用。IEC TC57 工作组也在不断地补充和完善 IEC61850 系列标准, 推出的 IEC61850-9-2 / LE 版是 IEC61850-9-2 的更为明确定义的限定性、实例化的配套规范; IEC61850 的第二版即将于 2009 年发布, 这一新版

本主要是解决第一版存在的问题,如标准内容本身前后不一致的、表述模糊导致各厂家理解不一致的、被厂家在开发产品的过程中发现且 TC57 工作组确认是需要解决的问题等,针对 SCL 的应用情况还拓展出了 SED、IID 等相关标准,还规范了变电站与变电站间,变电站与控制中心间的 IEC61850-90 标准,此外还会增加一些新的逻辑节点类。未来的第三版将重点关注通信的安全性,在其它领域如风电,水电,新能源发电等领域的扩展应用。

由于制定该系列标准时采用了先进的面向对象建模理念和分层、映射的策略,使该系列标准与传统的其他规约标准相比具有突出的优势。对变电站自动化及其相近系统通过统一建模的方式规范信息内容,这部分标准采用了通信服务和通信映射相分离的策略,确保了其内容的长期稳定性,通过分层和映射的策略使得标准能够适应网络通信等技术的快速发展,内核是稳定的,外部的大多数变化只影响系列标准的一小部分,使该系列标准获得更好的稳定性与适应性。

目前,已有越来越多的新建变电站监控系统要求支持 IEC61850 MMS 协议,对间隔层的逻辑互锁功能要求用 GOOSE 机制来实现。IEC 61850 系列标准适用的业务领域也在拓展,比如风电等新能源领域、低压智能配电、工业自动化等领域,相关的探索和研究应用也在快速开展。可以预见 IEC 61850 未来会扩展到更广泛的工业领域,真正实现“一个世界,一个标准,一个技术”的伟大构想。

1.2 光电互感器

传统电磁感应式电流和电压互感器除了固有的磁饱和、铁磁谐振、动态范围小、暂态特性差等缺点外,随着现代电力系统逐渐向大容量、高电压等级方向发展,传统互感器的绝缘、体积、重量和安装等问题也越来越突出^[3]。对非常规互感器的需求更加迫切,这也是国内外关注的热点之一。IEC 60044-7/8 是电子式互感器的国际标准,定义了设计要求、接口标准和测试要求等。

光效应的电流/电压互感器(OCT/OVT)和罗氏线圈电流互感器是两大主流技术。由于成本的原因,OCT/OVT 应用于 110 kV 及以上有优势,OCT 在高压系统中获得突破的可能性最大;罗氏线圈电流互感器应用于中低压为宜,国内也有厂家研制出了组合式小信号互感器,直接安装在紧凑型开关柜中。有关传感器的几个关键问题如其电子部分的寿命问题、与二次保护测量等设备接口问题已解决,工艺问题和环境适应性问题上也已有突破,已从实验室阶段逐渐走上工程应用。国外公司在 123 kV、

170 kV、345 kV、420 kV、525 kV 系统中进行了大范围的工程试验,积累了一定的运行经验。我国有厂家解决了法拉第磁旋光效应光学电流互感器精度温漂问题和运行稳定性问题,通过了武汉高压研究院的型式试验,并在多个电压等级(最高 500 kV)上已挂网运行。但由于运行经验少,要得到用户广泛认可还需要假以时日,在有些科研项目中采用了新型光电式互感器,输出的是数字量,集中到合并单元再通过 IEC61850-9-1/2 上送到间隔层的保护测控装置去,同时基于 GOOSE 通信机制实现网络跳合闸及信号传输。但是也有不少地方采取保守的策略,还采用传统的互感器,只在站控层规约上采用 IEC61850,在过程层用智能接口通过 GOOSE 报文实现网络跳合闸及信号传输。

1.3 智能断路器技术

IEC 62603 标准中定义了智能断路器:“具有较高性能的断路器和控制设备,配有电子设备、传感器和执行器,不仅具有断路器的基本功能,还具有附加功能,尤其在监测和诊断方面。”

随着电力电子技术的应用使得操作能量大幅减少,开闭断路器可由电力电子和微型智能接口来完成,代替常规机械结构的辅助开关和辅助继电器,并可按电压波形控制跳合闸角度,精确控制过程时间,减少瞬时过电压幅值,保障电网安全,也能大大延长开关设备寿命,经济效益可观;再配上可监测设备缺陷和故障并告警的独立的新型传感器,实现在线状态检修,将上述功能集成在一起实现的断路器就是智能断路器。近年来国外制造商陆续推出智能断路器相关技术,基于 ECT/EVT 的组合电器未来的前景看好。

由于电力系统断路器发生故障后造成的破坏和影响巨大,所以对断路器的动作速度和可靠性要求都极高,在实际的应用过程非常慎重,因而该领域的进展相对缓慢。

利用 IEC61850 GOOSE 通信机制实现网络化的跳闸功能和设备本体状态信息的网络化传输,这一块的应用进展还比较快。

1.4 网络通信技术

从早期的串行通信到现场总线,从现场总线再到工业以太网通信,近年来工业以太网技术取得了飞速的发展,带宽的提高和交换技术等新技术的发展,使通信实时性得到了保障:

IEEE802.3x 全双工技术减少通信冲突。

IEEE802.1p 优先级队列保障重要信息准时到达。

IEEE802.1QVLAN 分区隔离提高通信效率。

IEEE802.1w 快速生成树协议构建网络冗余结构,提供快速恢复的能力。

IGMPSnooping/组播过滤保证数据只被需要的设备接收,降低网络带宽占用,提高了设备的响应性能。

在网络化的 IEC61850 数字化变电站系统中,基于上述技术的交换式以太网,解决了基于 HUB 的共享式以太网冲突检测机制造成的丢包问题和交换式以太网的实时性不确定问题,以太网交换机除了用于构建各种网络架构和传输各种控制命令和监测数据以外,还通过网络传输间隔设备之间的跳闸命令和闭锁信号。因此,对工业以太网交换机在 IEC61850 系统中的应用提出更高的要求,它已经成为组成变电站综合系统其中极为重要的设备。但是在目前已有的实际工程应用中,这些交换机还存在着部分问题,如电源损坏率高,部分严酷情况下会出现丢包现象等,在设计中必须考虑采用符合 IEC61850-3 标准的产品,应满足与安装在变电站间隔层就地的保护测控装置一样的环境、机械以及电磁兼容的要求。通信容量更大、实时性更高、可靠性更高的需求影响着未来通信技术的发展方向。

1.5 对应用中若干问题的探讨

争议较大的是光学互感器的精度稳定性问题、间隔层功能下放后依赖于网络通信的可靠性和实时性问题、数据同步问题。

由于对 OCT 的精度稳定性的担心,法拉第效应光学互感器的应用在谨慎地推进。

间隔层的部分功能下放,比如取消了数据采集的 AD 部分、位置信号的开关量输入和跳闸出口,通过光纤网络数字化的采样值和基于 GOOSE 通信机制实现了网络跳合闸及信号传输。与过去不同的是间隔层不再是独立的一个体系,而成为一个体系中的一个环节,间隔层对过程层设备和网络设备的依赖性太大了,可靠性很大程度上依赖于光纤通信网络的可靠性,一旦网络出现故障,全站所有保护控制功能都将失效,后果是非常严重的,所以对网络设备的可靠性要求很高,还要考虑更完善的保护控制功能的闭锁机制。由于通过网络就可以发送跳合闸命令,一旦出现了非法入侵等信息安全方面的问题,必将产生灾难性后果。

另外一方面,合并单元与间隔层保护测控装置的通信标准经历了 FT3 和 IEC61850-9-1 后有渐渐统一到 IEC61850-9-2 上来的趋势。采用了基于网络的数字化采样值传送后,系统对相关设备的时钟同步技术提出了非常高的要求。这个问题在网络方式的 IEC61850-9-2 采样值传输方面显得尤为重要。

尽管有以上争议,但是带来的好处也显而易见,这些问题需要实践中进一步完善和验证,终将得到解决。

2 对产业影响

符合 IEC 61850 标准的数字化变电站未来必定会得到推广和广泛应用,因为这是世界的标准,用户、检测机构、制造厂家共同参与的标准,推广应用该系列标准是提升经济效益的原动力使然,是需求和技术两驾马车相互作用的必然结果。

数字化变电站技术的应用使得变电站的工程设计、运行维护管理模式、设备制造技术都发生了重大的变革。数字化变电站的推广将创造出新的市场需求,变电站自动化系统涉及的产品种类繁多,无论一次设备还是二次设备厂商都不得不适应新的竞争环境,捕捉新的市场机会的同时,也承受着新的风险,数字化变电站技术全面推广必将使产业结构发生较大的变化。

由于数字化变电站的应用涉及到多个技术领域和行业,如自动化系统、工业以太网交换机、高压开关、互感器、GPS、测试校验等,因此要全面推进不仅需要保护及电力自动化相关厂商的努力,还要一次设备产品也支持 IEC61850 标准,现有的电力系统运行管理模式也需要做相应的改进。

多个行业要同步是需要时间的,技术要成熟、观念要转变都需要时间,这意味着数字化变电站的深化实施和推广还需要进一步的努力,数字化变电站的应用必将是一个分阶段、分步骤的实践过程。

2.1 电网企业

随着我国电网规模、系统容量不断扩大,电压等级不断提高,网架结构加强,厂网分离的运营方式,电网企业从单纯重视安全生产管理转变到全面关注综合社会效益的运营管理;从变电站建设的“一型三化”,无人值班、集中控制、专业管理融合,到对变电站资产全寿命周期管理理论的实践应用都体现了这个内在的转变。社会经济综合效益是电网企业对变电站持续技术投入的内在的驱动力。只有提高自动化水平,才能提高运行管理水平,才能提高可靠性、安全性和劳动生产率,最终达到提升综合效益水平的目标。

由于数字化变电站系统采用组合式智能电器,大大缩小了开关场占地面积;采用光电互感器和光纤网络通信技术,取代了传统综合系统大量的二次电缆,控制室面积,控制屏个数,屏上端子数等大幅减少,原来基于硬接线的信号联络方式转变为基于光纤网络的软接线方式。先进性、可靠性给电网

企业带来极大的经济效益。

符合 IEC61850 标准的数字化变电站技术产品虽然有待完善,但更具有传统产品不可比拟的许多优点,数字化变电站的数据网络化使得用户可以采取一些创新的方案来解决许多应用问题,提高可靠性,提高经济效益,带动整个电力系统运行管理水平上升到新高度,所以电网企业的积极性很高;电网企业主动参与标准的制定,主动组织互操作试验,主动开展数字化变电站的科研试点,又对数字化变电站推广应用发挥了巨大作用。电网企业是受益者,也是有利的推动者。

国网公司为打造智能、高效的数字化电网,在 2007 年颁布了《数字化电网关键技术研究框架》,其中,数字化变电站相关技术和应用是其重点之一,是数字化电网的基础。

数字化变电站的推广和深化,将对整个电网的运行和控制产生深远的影响。

2.2 二次设备厂家

按照 IEC61850 的划分,变电站自动化系统分为站控层、间隔层和过程层三层结构,过程层做为一次设备在二次系统中的映射,使得一次设备和二次设备联系更加紧密,界限逐渐模糊。数字化变电站技术发展对该行业产品的影响是巨大的:

由于数据采集数字化,现在的微机保护的模拟量输入回路和开关量输入输出回路都不复存在;

功能的自由分布,使得装置功能也在分化组合,有些原有装置的功能被多个现有装置通过网络分担而化为无形;

新型继电保护原理应用,如暂态保护的应用,基于网络的分布式保护的应用;

对录波、计量的影响,可能集成到智能设备,智能设备变成多功能合一设备;

出现合并单元和智能操作箱、一体化智能开关等产品;

发展新型测试仪器和精度校验设备。

二次设备领域在 220 kV 及以上的高端市场的行业集中度较高,中低端市场还比较分散。IEC61850 会重新使行业洗牌,行业演变可能会朝着两端走:大企业集团方向,产品线涵盖了一次、二次,发挥一体化优势,做系统集成更好满足客户的需求;专业化技术型公司会得到发展,如为其中某一块提供核心技术,做其中的外包服务等。那些不能适应市场与技术快速变化的公司和那些基础技术研发能力较弱的公司会淡出市场。

2.3 一次设备厂家

一次设备的稳定度高,寿命周期长,更新速度

慢,厂家变革的速度和动力都不及二次系统设备厂家。

数字化变电站技术发展,尤其是以监测和自诊断的附加功能为特征的智能化开关设备的发展对行业产生影响,另外,组合型开关电器的发展使得与多个配套行业与开关行业的联系紧密了。

数字化变电站技术发展对该行业产品的影响:

促进新型传感器的发展,不仅包括电流和电压测量的互感器,还包括非电量互感器如温度、压力、密度、位移、弧光、湿度和位置等传感器;

促进基于 ECT/EVT 或 OCT/OVT 的组合电器应用;

与二次系统联结部分的智能接口/操作箱的发展。

行业演变可能会:

由于高电压等级的一次设备投入较大,所以有一定的准入门槛,高端的市场格局不易轻易打破。

中压开关柜面向的行业众多,市场集中度不高,众多企业普遍存在核心技术缺失,竞争力不强的弱点,如果利用此次机会推出符合未来数字化变电站方向的性价比高的产品,有可能随着数字化变电站的推广获得大的发展。

一次和二次企业通过行业联合体(合作、合资)进行合作,实现技术短板互补,应对数字化变电站技术的发展,或者通过资本市场参股或购并而完成。

2.4 电力用互感器厂家

数字化变电站技术发展对该行业产品的影响是颠覆性的,所以该行业未来受到的冲击是最大的。

部分传统互感器厂家适应后生存、发展;

部分传统互感器厂家会衰落乃至消失;

新的电子式互感器厂家出现。

2.5 通信设备厂家

网络通信技术是数字化变电站系统的关键支撑技术,是整个系统的神经网络。

随着未来数字化变电站的大规模推广,电力行业将成为工业以太网交换机应用的重要行业之一,对交换式工业以太网交换机的需求会剧增,对通信设备厂家是一个机遇。

交换机是做为通信设备被集成到监控系统中的,通信设备厂家必须和二次设备厂家紧密合作,根据需求及时改进完善产品,把握住机会才能得到发展。

2.6 辅助设备厂家

原来的为综自系统配套的一些小厂家生产部分辅助产品:小电流接地选线装置,无功补偿装置,消谐装置等,这些厂家由于技术力量相对薄弱,实

现设备对 IEC61850 的支持有一定技术难度。而且随着过程层采样值传送方式及数字化跳合闸技术的推广应用,大的二次设备厂家会陆续推出同类产品,所以原来这些辅助产品会逐步退出市场,这些厂家可能面临产品升级或转型。

2.7 新产品的出现

合并器产品:标准尚在制定,传统的二次设备厂家、互感器厂家可能都在做,因为和自动化系统关联度高,所以传统的二次设备厂家做有技术优势。

智能操作箱产品:传统二次设备厂家、开关厂家在做,由于智能操作箱一般集成在一次设备中,所以开关厂家有优势。

一次设备的状态检修产品,比如变压器和开关的状态检修,由于专业化特征明显,制造商一般都采用外购和系统集成的方式。

其他还有网络安全产品,网络化时间同步类,如支持 PTP1588 和 SNTP 的对时服务器等产品。

3 结语

数字化变电站技术的发展本身和对行业的影响用 6 个字描述,就是“开放、创新、整合”。随着设备量的增加,电网企业对设备少维护免维护的要求会逐渐提高,对数字化变电站全寿命周期管理的需要越来越强烈,设备制造商应该更加关注市场需求,敏锐感觉,快速响应,从研发规划阶段就要考虑使得系统在全寿命周期的总经济效益最优,这是对制造商对需求把握能力、技术响应能力,资源整合能力的考验。要想在数字化变电站带来的新机遇和新挑战中获胜,就必须在拥有核心技术的基础上开放胸怀,做好研发模式创新、营销模式创新和商业模式创新。

参考文献

- [1] 高翔.数字化变电站应用技术[M].北京:中国电力出版社,2008.
GAO Xiang.Application Technology in Digital Substation[M].Beijing: China Electric Power Press,2008.
- [2] IEC61850 系列标准[S].
IEC 61850 Series Standard[S].
- [3] 电力用互感器和电能计量装置设计选型与应用[M].北京:中国电力出版社,2004.
Design Choice and Application of Power Mutual Transformer and Power Metering Device[M]. Beijing: China Electric Power Press,2004.
- [4] 高压开关设备国内外产品水平[Z].西安高压电器研究所,2004.
Technical and Product Level of High-voltage Breaker[Z]. Xi'an High-voltage Power Device Research Institute, 2004.
- [5] 王晋根.电网自动化及高压开关智能化装置与市场分析[J].江苏电器,2000,(1).
WANG Jin-gen. Power Grid Automation and High-voltage Breaker Intelligente Device and Market Analysis[J].Jiangsu Power Device,2000,(1).
- [6] 陈振生.智能化中压开关柜的监测和传感技术[J].江苏电器,2003,(1).
CHEN Zhen-sheng.Measuerment and Sensor Technology of Intelligent Middle-voltage Break[J]. Jiangsu Power Equipment, 2003,(1).
- [7] 邸荣光.光电式电流互感器技术的研究现状与发展[J].电力自动化设备,2006,26(8):98-100.
DI Rong-guang. Research Status and Development of Optical Current Transformer[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(8):98-100.
- [8] 王廷云.电力系统中光电电流互感器研究[J].2000,(1):28-30.
WANG Yan-yun. Research of Optical Current Transformer in Power System[J].2000,(1):28-30.
- [9] 乔卉.基于 Rogowski 线圈传感的光电电流互感器的研究[J].继电器,2002,30(7):40-42.
QIAO Hui.Research of Rogowski Coils Based Optical Current Rransformer[J].Relay,2002,30(7):40-42.
- [10] 陈建民.大电网继电保护技术应用与发展[J].华东电力,2007,(11).
CHEN Jian-min.Technology Application and Development of Relay Protection of Power Grid[J].East China Power,2007,(11).
- [11] 钱江南.资产全寿命管理综述[J].中国电力教育,2007.
QIAN Jiang-nan.Summary of Ssessment Total Life Cost Cycle[J]. China Power Education,2007.
- [12] 变电站网络化二次系统研究及应用技术报告[Z].河南省电力公司,许继集团公司,2008.
Research and Application Technical Report of Secondary System Based Network in Substation[Z]. Henan Power Company, XJ Group Corporation,2008.

收稿日期:2008-12-11; 修回日期:2009-03-15

作者简介:

陈天香(1961-),女,工程师,从事电力工程管理工作;

王若醒(1972-),男,硕士,高工,主要从事变电站自动化研究开发工作;E-mail:ruoxingw@xjgc.com

魏勇(1973-),男,硕士,高工,主要从事变电站自动化研究开发工作。