

光学技术在智能电网中的应用

陶邦胜

(国网电力科学研究院,江苏南京 210003)

摘要:介绍了光学技术在坚强智能电网建设中的应用,包括通信、传感测量以及新能源利用方面的应用。详细说明了每个应用的原理以及应用前景。指出了在坚强智能电网建设中研究光学技术的必要性。

关键词:自动交换光网络;光学电流互感器;光学电压互感器;布里渊光时域反射

中图分类号:TN2

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)05-0082-03

当前,国家电网公司提出了建设统一坚强智能电网的发展目标,就现代科技发展水平而言,已经为智能电网的发展提供了良好的技术储备。建立高速、双向、实时、集成的通信系统是实现智能电网的基础,智能电网的数据获取、保护和控制、需求侧响应都依赖于高速双向通信系统的支持,因此高速双向通信系统是迈向智能电网的第一步。建设高速、高可靠的通信系统首选采用光纤通信。先进的传感测量技术和高级智能仪表遍布发电、输电、变电、配电、用电等各个环节,为电网的调度、运行和规划部门提供大量的电网数据信息,帮助运行人员准确把握电网的运行状态,从而达到更高的供电可靠性和更好的资产管理,尤其是对于大量分布式能源的管理,更需要通过高级智能仪表,精确地掌握和预测分布式能源的状态信息。在电力系统传感测量方面现在广泛使用光学技术。另外,智能电网是新能源技术革命的重要组成部分,智能电网的发展战略应从属于新能源技术革命的。新能源技术革命核心使命可以概括为节能、减排,它涉及多领域多学科多行业技术,其中也包括光学技术^[1,2]。

1 光学技术在智能电网综合通信方面的应用

光学技术在通信方面的应用,就是通过由光纤提供的大容量、长距离、高可靠的链路传输手段,利用先进的电子或光子交换技术,引入控制和管理机制,实现多节点间的联网,以及针对资源与业务的灵活配置。

1.1 电力骨干网通信

目前电力骨干网光纤通信采用的技术以同步数字体系(SDH)/MSTP技术为主,但是将来会逐步过渡到更先进、更可靠、更高容量的光传送网(OTN)/DWDM/自动交换光网络(ASON)。

SDH属于第一代光网络,OTN是第二代光网

络。在未来较长一段时间内,SDH和OTN技术将互为补充、共存发展。无论SDH还是OTN,都是典型的传送网技术。传统的光网络包含传送和管理两个层面。传送平面可以为用户提供双向和单向的信息流传送,并对业务的状态信息进行监测,如故障和信号质量等;管理平面主要执行对传送平面进行配置以及故障和性能检测的功能。配置管理主要采用集中管理和静态处理的方式,需要人工来参与,网络灵活性和动态性都非常欠缺。随着业务的增长和新服务的发展,这种传统网络管理方式的不足越来越明显,以ASON为代表的智能光网络应运而生。

ASON最大进步就是在传送和管理平面的基础上,增加了控制平面,原来归属管理平面的功能被转移到控制平面,并采用分布式的控制机制代替过去单一的集中式管理模式,首次在光层引入动态交换的概念,从而将交换、传输、数据真正综合起来^[3]。

1.2 配网及用电网通信

在电力系统35kV及10kV线路中,一般没有架设地线,无法沿线路架设光缆复合地线(OPGW),一种新的解决方案,即光纤复合架空相线(OPPC)正得到推广应用。OPPC是电力通信系统的一种新型特种光缆,该光缆将光纤单元复合在相线中,具有传输电能和进行通信的双重功能。OPPC的架设基本上同OPGW类似,也是依据电力部门架空线安装安全管理规程和操作技术。OPPC虽然也是导线,但由于内含光纤,其结构与钢芯铝绞线等导线有较大的差别,对架设机有一些特殊的要求,基本上融合了导线和OPGW两种产品的施工特点。但OPPC的接续涉及到光纤接续和光电分离技术,对接续技术、高压绝缘有严格要求^[4]。

无源光网络(xPON)是一种纯介质网络,是指在局端OLT和用户端ONU之间是光分配网络(ODN),没有任何有源电子设备。xPON作为新一代光接入技术,在抗干扰性、带宽特性、接入距离、维护

管理等方面均具有巨大优势,越来越多地应用在配用电通信上,普遍看好的 xPON 技术有以太无源光网络(EPON)和千兆位无源光网络(GPON),两种技术的基本组网和构架完全相同,均是由局端 OLT、用户端 ONU/ONT 和无源 ODN 组网。从产业链发展、技术成熟度、芯片成熟度、设备成本等方面比较,GPON 市场进展大大慢于 EPON,现阶段以 EPON 技术为主,同时兼顾未来向 GPON 演进的能力。目前 EPON 的产业链已逐渐形成。

1.3 数字化变电站站内通信

数字化变电站技术是变电站自动化发展中具有里程碑意义的一次变革,对变电站自动化系统将产生深远的影响。数字化变电站 3 个主要特征就是“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,各种设备和功能共享统一的信息平台。数字化变电站内普遍使用工业光纤以太网交换机,利用光电技术,光纤以太网(IEEE 802.3z)正在成为一个公用的载体服务和廉价的互连方法。这一技术在加上多协议标记交换(MPLS)时用于帮助进入数字融合,可以简化需要使用昂贵的数字交叉连接系统。

2 光学技术在智能电网传感测量方面的应用

光学传感测量技术有其独特的优点,在智能电网建设中将会得到广泛应用,如光学电流互感器(OCT)、光学电压互感器(OVT)、其他光纤测量技术等,下面分别介绍。

2.1 OCT

OCT 是以法拉第磁光效应为基础、以光纤为介质的新兴电力计量装置。它通过测量光波在通过磁光材料时其偏振面由于电流产生的磁场作用而发生旋转的角度来确定被测电流的大小。与传统的电磁感应式电流互感器相比,在高电压大电流测量的应用中采用 OCT 具有明显的优越性:(1) 不含油,无爆炸危险;(2) 与高压线路完全隔离,满足绝缘要求,运行安全可靠;(3) 不含铁心,无磁饱和、铁磁共振和磁滞现象;(4) 不含交流线圈,不存在输出线圈开路危险,可以测量直流,动态范围大;(5) 无源,无需供电;(6) 响应频域宽;(7) 一侧次、二侧次间传感信号由光缆连接,且具有很强的抗电磁干扰能力,便于遥感和遥测;(8) 无需断开一次电源,可在线维修;(9) 体积小、重量轻、易安装等^[5]。

为了提高变电站综合自动化水平,具有测量准确化、传输光纤化和输出数字化等优点的 OCT 将成为坚强智能电网的理想互感器。

2.2 OVT

OVT 测量原理是根据 Pockels 效应实现,所谓 Pockels 效应是指某些透明光学介质(如 BGO 晶体)在外电场作用下,其折射率线性地随外电场而改变的效应。在外加电场 E 作用下,BGO 晶体由各向同性变成各向异性的双折射晶体。当线偏振光投射到双折射晶体的端面,入射光束就会变成与初相角相同、而电位移矢量相互垂直的两束光,由于它在所在晶体中的传播速度不同,出射时有一定的相位差,采用检偏器将相互垂直的两出射光束变成偏振相同的相干光,产生相干干涉,从而将相位调制光变成振幅调制光,将相位差的测量转化为光强的测量,最后获得被测电压值。与传统的电磁式电压互感器和电容分压电压互感器相比较,OVT 的突出优点是:(1) 高压信号通过光纤传输到二次设备,使得其绝缘结构大大简化;(2) 频率响应宽,不存在磁饱和和铁磁谐振现象,提高系统保护可靠性;(3) 可同时实现电压测量和继电保护两种功能;(4) 可适应电力系统数字化、智能化和网络化的需要,输出数字信号,而且能实现在线检测和故障诊断。

由于 OVT 具有上述众多突出的优点,基于光电子技术的数字式 OVT 在智能电网建设中有着十分广阔的应用前景。

2.3 组合式光学电流电压测量系统

组合式光学电流电压测量系统是指将 OCT 和 OVT 的传感头用一根光纤复合绝缘子来支撑,这样的组合测量系统可完成对高压传输线的电流和电压的同时测量,并进而获得功率、能量等重要参量。与传统的独立式绝缘支撑结构相比,组合式结构由于少了一个高压绝缘子,因而可大大节省设备费用,另外还具有尺寸小、结构简单、占地少等优点。由于电压等级越高,绝缘子越昂贵,因而组合式光学电流电压测量系统在 500 kV 等高电压等级的电站中取代传统的电磁感应式电流互感器和电压互感器更具有实际意义,在特高压系统中具有良好的发展前景^[6]。

2.4 其他光纤测量技术

目前,电力系统主要利用光时域反射计(OTDR)进行光纤的检测。基于布里渊散射的分布式光纤传感技术从整体上主要有基于布里渊光时域反射(BOTDR)、基于布里渊光时域分析(BOTDA)和基于布里渊光频域分析(BOTDA) 3 种方案。而 BOTDR 方案结构简单,使用方便,特别适合于工程应用^[7]。在电力系统光纤通信网中,OPGW 和全介质自承式光缆(ADSS)占主要地位,它们经受着复杂的环境,其中影响光缆性能的气设备内部温度。宽带光源输入,经过光纤光栅后,在布拉格波长的窄带光

谱被反射到光纤的输入端,其余的波长透射通过。当把光纤光栅封装在绝缘外壳内部时,外界环境温度经过壳体传导到光纤光栅,使其波长发生变化。通过精确测量反射信号的波长,可以实现对温度的检测。监测电力系统高压带电设备的各种连接点(如隔离开关触头、母线之间的连接点等)、电缆和变压器绕组的温度是保证坚强智能电网安全运行的重要内容,也是这些设备状态检修的重要依据^[8]。

3 光学技术在新能源技术方面的应用

智能电网从本质上讲是人类应对能源危机的一种愿景和策略。以风能、太阳能等可再生能源直接替代常规化石燃料,不仅能效可以实现百分百,而且直接污染物排放趋为零。新能源技术应用属于最直接的发电环节节能减排技术。激光核聚变研究是从上个世纪就开始的光学和激光技术在开发能源方面的先导和典范,目前工程化还有很大距离,光学在新能源开发中的重点应该放在太阳能方面。

太阳能电池就是太阳能利用很重要的一个方面。太阳能电池类似于光电探测器,是一种光电转换器件。为了提高光电转换效率,在减少太阳能电池光照面的反射、解决电池在光子吸收前的光传导损失、以及光吸收后产生的光生载流子在内部复合和表面复合的损失,现在已有多种技术途径。从事光学薄膜、光电器件、集成光学器件的专业人员,对太阳能电池的材料、结构和制作工艺等改进和创新方面大有可为。当前先进的微纳光学技术已经实现了多项突破,取得了重大的研究成果,并成功应用于新型电池中。微纳结构电池能够更高效的吸收、存储太阳能,并且实现了电池的微型化^[9]。

到目前为止,对太阳能的利用尽管进行了不少探索和研究,但离人们充分利用太阳能的目标还很远。围绕降低成本、提高能量转换效率和生产效率、以及寻找太阳能利用新途径等方面,还有许多技术障碍需要克服,一些重大问题需要组织不同专业的

人员进行攻关。

4 结束语

光学技术的发展日新月异。激光引发核聚变有可能成为下一世纪的新能源;光信息处理的功能正在不断开发,特别是正在开发研制中的光子计算机,它所具有的潜在优点一旦变成现实,则对未来信息领域的影响是很深远的。研究智能电网,一定要加强对基础科学和前沿科学的研究,包括对光学技术的研究。信息与通信技术是坚强智能电网建设的基础支撑技术,光学技术是推动今后信息时代发展的主要动力,它在今后的信息时代将占有越来越重要的地位,必将对坚强智能电网的建设和发展产生深刻的影响。

参考文献:

- [1] 肖世杰.构建中国智能电网技术思考[J].电力系统自动化,2009,33(9):1-4.
- [2] 施 婕,艾 芊.智能电网实现的若干关键技术问题研究[J].电力系统保护与控制,2009,37(19):1-4.
- [3] 张 杰,徐云斌.自动交换光网络 ASON[M].北京:人民邮电出版社,2004.
- [4] 李建惠.光纤复合相线光缆 OPPC 的技术特点及应用[J].贵州电力技术,2009(2):46-48.
- [5] 王夏霄,张春熹,张朝阳,等.一种新型全数字闭环光纤电流互感器方案[J].电力系统自动化,2006,30(16):77-80.
- [6] 李红斌,张明明,叶齐政,等.500 kV 组合式光学电流电压传感器性能分析[J].高电压技术,2003,29(11):7-8.
- [7] 周学军,王红霞,赵四新. BOTDR 在海底光缆监测中的应用[J].光纤与电缆及其应用技术,2006(4).
- [8] 金振东,许 箴,金 峰,等.国内高压带电设备测温方式综述及分析[J].电力设备,2007,8(12):57-61.
- [9] 于荣金.光学与太阳能[J].光学学报,2009,29(7):1751-1755.

作者简介:

陶邦胜(1968-),男,安徽舒城人,高级工程师,长期从事电力系统通信方面工作。

The Application of the Optical Technology in Smart Grid

TAO Bang-sheng

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: This paper introduces the application of the optical technology in the construction of strong and smart grid, which involves communication, sensor measurements, and utilization of new energy. Each application principle and prospects are specified in detail. The necessity of researching the optical technology in construction of strong and smart grid is mentioned.

Key words: automatically switched optical network; optical current transducer; optical voltage transducer; brillouin optical time domain reflectometer