

文章编号: 1004-289X(2010)04-0011-04

智能设备的发展现状分析及前景展望

石延辉, 李澍森, 左文霞, 冯宇

(国网电力科学研究院, 湖北 武汉 430074)

摘要:总结了在智能设备研制过程所涉及的各项关键技术的进展情况, 然后通过梳理将现有智能设备划分为开关、变电站自动化装置和电力电子装置三大类并分析了其发展现状。最后指出在坚强智能电网成为我国电网发展趋势的背景下, 智能设备长期内将存在改进本体和增加附件两种研制路线。

关键词:坚强智能电网; 智能设备; 发展趋势

中图分类号: TM76

文献标识码: B

Development State Analysis and Prospects of Intelligent Equipment

SHI Yanhui, LI Shusen, ZUO Wenxia, FENG Yu

(The Electric Power Scientific Research Institute of State Electric Power Grid, Wuhan 430074, China)

Abstract: The paper describes the key techniques which are related in the course of the intelligent equipment development. Then the intelligent equipment available is classified into switches, substation automation devices and electronic power devices and their development state are analyzed. Finally, the paper points out that the firm and intelligent grid will become a development trend of our country's grid and the intelligent equipment will be a long-standing problem in improving the body and increasing the attachments of two research lines.

Key words: firm and intelligent grid; intelligent equipment

1 引言

随着建设坚强智能电网的开展, 迫切需要研制智能设备, 使现有电气设备具有自我检测、自我诊断和自我控制功能, 以适应信息化、自动化、互动化的要求, 从而使之成为智能电网的一个有机组成部分。众所周之, 所谓智能化就是指使对象具备准确的感知功能、正确的思维与判断功能以及行之有效的执行功能而进行的工作^[1]。设备智能化是一种理念、一种方法、一个发展和进步的过程, 其目的是使设备通过人工智能的部分或全部功能, 尤其是应用现代计算机和网络技术, 使产品达到最佳工况^[2,3]。目前市场上充斥着各种所谓的智能设备, 在智能电网框架下如何研制智能设备, 其发展方向如何, 本文通过介绍智能设备所涉及的关键技术, 对现有智能设备进行了分类, 并对智能设备的发展方向进行了展望。

2 智能设备涉及的关键技术

智能设备主要包括两方面的关键内容: 自我检测

是智能设备的基础; 自我诊断是智能设备的核心。其所涉及到的关键技术主要有以下几个方面。

2.1 检测与传感技术

智能电网首先必须具备灵敏准确的感知功能, 这是实现智能化功能的前提。智能设备二次电路已全部有智能监控单元取代, 所需功率比传统设备大大降低, 不再需要互感器输出较高的功率。因此, 在智能设备中电量测量越来越多的应用罗柯夫斯基 (Rogowski) 电流传感器、霍尔电流、电压传感器、光学电流、电压传感器等新型电量传感器, 而近年来非电量传感器在检测温度、油色谱、SF₆ 气体含量等参数上, 尤其是在变压器、电抗器的安全运行中发挥了越来越大的作用。

光学电流互感器 (Optical Current Transformer, OCT) 和光学电压互感器 (Optical Potential Transformer, OPT) 是近年发展比较快的一类新型电量传感器, 它也是目前电气工程领域前沿研究课题之一。现在很多国家已研制出可用于测量高达 500 kV 电压的系列光学电压互感器, 但其稳定性和可靠性还存在相当大的问题。

因罗氏线圈本身和被测电流回路没有电路的联系,而是通过电磁场耦合,且铁心没有饱和问题,测量范围宽,甚至可以测量含有大的直流分量的瞬态电流^[1],因此罗氏线圈将在智能电网尤其是智能配电网领域发挥越来越大的作用。

近年来,国外一些公司也开发了将电流测量和电压测量组合到一起的组合传感器,其电流测量多是采用罗氏线圈,而电压测量有的采用电阻分压器,有的采用电容分压器。

2.2 通讯技术

信息化与自动化的实现离不开网络和通信技术的发展,网络与通信技术是智能设备控制系统中不可缺少的内容^[4]。现有的变电站内通信一般是依靠现场总线完成的,它通过连接运行现场各设备,实现现场设备和上级变电站综合自动化系统间信息传输。

现场总线是用于现场仪表与控制系统和控制室之间的一种全分散、全数字化、智能、双向、互联、多变量、多点、多站的通信网络,具有开放性、互可操作性与互用性、现场设备的智能化与功能自治性、系统结构的高度分散性以及现场环境的适应性等鲜明技术特点。它的结构特点打破了传统一对一的设备连接,可直接在现场完成,实现分散控制。同时,为了实现现场设备的“即插即用”,IEC61850通过面向对象、面向应用开放的自我描述,对数据对象统一建模,使用分层的思路,采用与网络独立的抽象通信服务接口对电力系统的配置进行管理,加强了设备间的互动性。

总线技术及数字化通信网络技术的应用,可以把现场输、配电设备和用电设备通过智能设备连接成类似计算机通信网络的系统,实现对设备运行、用电质量、供电质量及供电系统的智能化、自动化管理,满足智能电网的需求。

2.3 自诊断技术

功能完备的智能设备必须具备灵敏准确的感知功能、正确的思维与判断功能以及行之有效的执行功能。感知功能是传感器的任务,思维和判断则是控制器的功能,其主要技术就是自诊断技术。目前自诊断技术的研究主要集中在专家系统、模糊逻辑控制、人工神经网络以及其它人工智能方法。

众多自诊断技术其一致性在于模仿人在操作控制过程中的思维和逻辑推理,这也是设备实现智能化最为关键的步骤,直接决定了设备智能化程度的高低。目前,最具影响的就是专家系统,其在医疗方面已经取得了显著的成果。

专家系统的主体是一个基于知识的计算机程序系统,其内部具有某个领域中大量专家水平的知识和经验,能够利用人类专家的知识和解决问题的方法来解决该领域的问题^[5]。其最具有吸引力、也是难度颇大的领域之一就是专家控制。专家控制可以看成是对一个“控制专家”在解决控制问题或进行控制操作时的思路、方法、经验、策略的模拟。

2.4 电磁兼容技术

智能设备是传统电气设备与计算机技术、数据处理技术、控制理论、传感器技术、网络通信技术、电力电子技术等相结合的产物。因此,从本质上说是一种机电一体化设备,是一个“弱电”和“强电”相混合的系统,这也致使其电磁兼容性越来越成为系统设计、制造、调试中需要考虑的重要问题。

电力系统本身就是一个强大的电磁干扰源,在正常和异常状态下都会产生多种形式的电磁干扰。例如开关操作、短路电流故障等产生的电磁暂态过程;电网的电压波动、电压突降和中断、电力系统谐波等。电磁干扰的抑制主要可采用抑制干扰源和切断传播途径等方法^[6]。

2.5 可靠性技术

智能设备是一种高度自动化的机电一体化设备,由于其结构复杂,在系统中的作用十分重要,因此对智能设备的可靠性有很高的要求。元器件的可靠性、技术设计、工艺水平和技术管理等共同决定了电子产品的可靠性指标。提高产品的可靠性,必须掌握产品的失效规律,只有对产品的失效规律进行全面的了解,才能采取有效的措施来提高产品的可靠性^[7]。

3 目前市场上的智能设备分类

国内的智能设备发展已有10多年历史,从开始时的引进、仿制、消化吸收、改进到现在的自主创新设计,已经取得了很多成果。目前,市场上所谓的智能电气类设备主要可以分为以下几类。

3.1 开关类

其中最具代表性的是DW45系列智能化万能式断路器。它是我国第三代万能式断路器。与第二代万能式断路器DW15系列相比体积与用铜量明显减少,分断能力与可靠性明显提高。更主要的是,该产品脱扣器采用微处理器技术,使DW45系列断路器带有智能化功能^[8]。

同时,国产框架断路器(简称ACB)中的控制器具有过载长延时、短路短延时、短路瞬时、接地故障等四

段保护和中性极保护, 负载监控保护、区域联锁选择性保护、MCR保护、电机保护和自诊断、热记忆、通信联网功能, 最近还将数字仪表和分析仪表的三相电压、有功功率、无功功率、功率因数、频率、有功电能、无功电能、谐波分析, 录波、故障记录、需量电流、需量功率等多种功能进入到控制器中, 这些功能已超过国外同类产品。

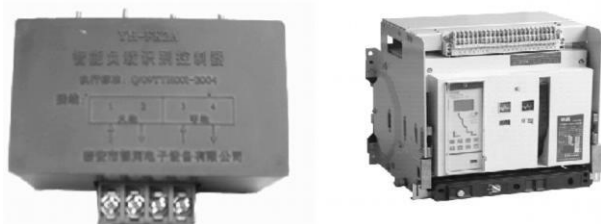


图 1 智能限电器和智能型万能式断路器

3.2 变电站自动化类

我国变电站自动化系统从初始研发到超/特高压变电站的普及应用总共花了七八年时间。变电站自动化系统与上一代常规二次设备相比明显具有占地面积小、功能强、可靠性高等优点, 2000年以后我国变电站自动化领域里的主要智能化电气技术已经达到国际先进水平。究其原因, 一是采用了国外最先进的器件, 并在原理设计和逻辑功能的软件设计上结合了我国电力系统运行的实际要求, 因而比进口产品的性价比更高; 二是西方发达国家的电力基本饱和, 采用新技术、新装备的兴趣和空间有限, 而我国是发展中国家, 电网是发展中的电网, 国内市场大, 变电站自动化技术一经成熟后就在电网建设中及时推广, 并在大量应用中技术水平又不断得到提高; 三是我国有一大批从事电力系统二次设备研发的科研院所、高等学校以及十多家专业厂家, 总体研究力量 and 生产能力超过目前世界上任何一个国家^[9]。

3.3 电力电子类

电力电子器件本身具有控制电能的能力而不必依赖其它开关技术, 因此, 电力电子技术可以完全更理想和更彻底的实现电气智能化。柔性交流输电系统 (FACTS) 是大功率电力电子器件在高压领域直接完成设备智能化的典范, 其包括静止无功补偿器 (SVC)、静止同步补偿器 (STATCOM)、高级静止无功发生器 (ASVG)、故障电流限制器 (FCL)、有源电力滤波器 (APF)、统一电能质量调节器 (UPQC)、磁阀式可控电抗器 (MCR) 等。

TCSC在南方电网天广线天生桥至平果段处平果侧建成投运, 可为“西电东送”增加约 300MW的输电容量, 同时, 改善了系统的暂态稳定性水平及阻尼功率振荡。成碧 220 kV可控串补国产化示范工程于 2004年 12月的成功投运, 加强了陇南电网与主网的联系, 增强了丰水期送出碧口地区盈余电力的能力, 有效解决了甘肃陇南电网存在的水电送出问题。这一系列电力电子类智能化设备在电网的应用揭开了智能设备的新篇章, 为智能电网的建设将发挥巨大作用。



图 2 国产 20Mvar STATCOM和单相 DVR

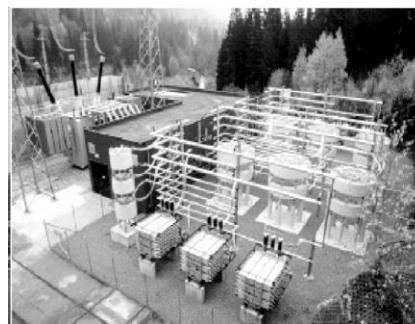


图 3 TCSC和 SVC工程

4 智能设备的发展趋势

早在 30年前, 人们就开始在配电系统实践开关设备的智能化, 其典型设备就是自动重合器与自动分段器。随着计算机技术和数字信息处理技术的发展, 使得智能化设备沿着两条路线发展。

自 2003年 6月始, 我国第一个 TCSC工程 (平果

其一是以解决现有电器设备的危害为主,通过采用微机技术和 DSP 技术等,生产智能控制器,附加与现有设备上,例如准同期控制器、涌流抑制器、自动重合器和自动分段器等;

其二是以电力系统的需求为主,采用大功率电力电子技术等生产制造智能化本体电器设备解决电力系统安全、稳定等问题,例如 SVC、APF 和 UPQC 等。

近来,建设智能电网的提出为智能设备的大力发展提供了前所未有的良好环境,在相当长的一段时间内仍将是两条路线并行发展。我们应抓住机遇,无论采用哪种发展路线,都应注重在以下方面取得突破^[10]:

(1) 在配电和低压智能设备领域,应注重通讯功能和网络化的实现,重视信息一体化采集和处理技术研究,这是智能配网的关键组成部分。

(2) 在高压和超高压智能设备方面,应加快光纤数字电力互感器及相关测控、保护技术的研究,这是现代二次回路及自动化系统的发展趋势,是未来变电站自动化领域的制高点;该技术的发展主要取决于电磁兼容、绝缘、耐环境条件及有关新材料等关键技术的解决。

5 结语

我国目前智能设备的发展水平还是比较初级的。由于历史原因,一次设备、二次设备研究及制造厂家相对分离,给智能设备一体化设计制造带来很大的困难,造成了智能化产品性能及技术水平较低^[9],难以满足智能电网需求。实际上,国内外设备智能化的理论水平差距并不大,且随着国网公司对下属研究院专业整合的深入开展及各个企业的积极参与,进一步加大对一二次设备一体化优化设计研究力量的投入,相信我国在智能设备领域必将站在世界电网设备发展的前沿。

参考文献

- [1] 邹积岩.智能电器[M].北京:机械工业出版社,2005
- [2] 佟为明.智能电器综述[J].电气时代,2006 1(5): 18—22
- [3] 陈德为,张培铭.智能电器概念的发展[J].低压电器,2006 1(2): 15—18
- [4] 牛博,宋政湘,等.智能电器以太网接入服务器设计[J].电力自动化设备,2007 27(6): 81—84
- [5] 张培铭,缪希仁,等.展望 21 世纪电器发展方向——人工智能[J].电工技术杂志,1999 7(4): 5—7
- [6] 鲍光海,林维明.智能电器电磁兼容技术探讨[J].电气应用,2008 27(11): 82—84
- [7] 周志敏.国内智能电器的现状与发展趋势[J].电气开关,2002 1(6): 1—5

- [8] 何瑞华.我国智能电器发展与展望[C]//2007 年先进制造与数据共享国际研讨会会议论文集.北京:中国机械工业联合会,2007: 70—74
- [9] 朱大新,孔启翔,等.刻不容缓加速智能电器发展[J].电气时代,2004 1(8): 49—56
- [10] 杨国福.智能电器的现状和发展趋势[J].江苏电器,2005 1(3): 1—2 35

收稿日期: 2009—11—06

作者简介: 石延辉(1981—)男,河南郑县人,工程师,研究方向为智能电网关键设备,电能质量治理及控制,分布式供电及微网技术。

李澍森(1954—)男,湖北大冶人,教授级高工,研究方向为电能质量治理及控制,分布式供电及微网技术,智能电网关键设备。

左文霞(1985—),女,湖北仙桃人,工程师,研究方向为电能质量控制,分布式供电及微网技术。

冯宇(1978—)男,内蒙古呼和浩特人,博士,研究方向为电能质量控制,电力电子技术。

(上接第 10 页)

各种问题的最佳途径。本文系统阐述了电力系统离线和实时仿真工具,分析了各自的特点和功能,为研究电力系统选用适当的仿真工具提供了参考。

参考文献

- [1] 钱鑫,李琥,施国.电力系统仿真计算软件介绍[J].继电器,2001 30(1): 43—46
- [2] 潘学萍.电力系统数字仿真研究综述[J].江苏电机工程,2005 24(1): 80—84
- [3] 汤涌.电力系统数字仿真技术的现状与发展[J].电力系统自动化,2002 26(17): 66—70
- [4] 中国电力科学研究院.电力系统综合稳定分析程序用户手册[S].
- [5] 韩芝侠.基于 Matlab/Simulink 仿真的电力电子实验系统设计与实现[J].陕西理工学院学报,2008 24(2): 26—30
- [6] 许庆强,徐贤,袁宇波.江苏电网实时数字仿真系统介绍[J].江苏电机工程,2008 27(03): 3—7
- [7] 郑三立,雷宪章.电力系统计算机及实时数字仿真[J].电力系统自动化,2001 25(7): 40—44
- [8] 甄威,陈宝喜,唐永红.实时仿真在电力系统仿真中的应用[J].四川电力技术,2006 29(6): 32—35
- [9] 柳勇军,梁旭,闵勇.电力系统实时数字仿真技术[J].中国电力,2004 37(4): 39—42
- [10] 刘德贵,宋晓秋.动力学系统实时仿真数值方法研究[J].计算机工程与设计,2002 23(12): 4—8
- [11] 潘志宏,孙宏斌,张伯明,等.新一代 DTS 中的动态仿真程序[J].清华大学学报,1999 39(9): 18—21

收稿日期: 2010—04—20

作者简介: 糜作维(1978—),男,江苏滨海人,硕士,工程师,主要从事调度运行工作以及电力系统建模方面的研究。