

500 kV 智能变电站无人值班技术探讨

陈晓捷

(福建省电力勘测设计院, 福建 福州 350003)

摘要: 阐述了 500 kV 智能变电站采用的智能化一次设备、网络化二次设备、基于 IEC61850 标准变电站自动化系统及高级应用功能、全站设备在线监测及状态检修系统、远程图像监控系统、智能交直流一体化电源系统以及智能巡检系统等实现真正意义上无人值班模式的智能变电站新技术。设备技术条件的完善和管理体制的优化是实现无人值班模式的研究要点, 提出了 500 kV 智能变电站实现无人值班的运行管理模式, 即集控中心的不定期巡视维护+变电站智能巡检系统。

关键词: 智能变电站; 无人值班; IEC61850

中图分类号: TM 734

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2011)02-0149-04

0 引言

无人值班变电站是指在集控中心的管辖范围内能够向集控中心上传相关设备及其运行情况的遥测、遥信、遥视等信息, 具备接收并执行集控中心下发的遥控、遥调指令等功能, 站内不设置固定运行维护值班岗位, 由远方的集控或调度中心负责完成运行工作的变电站^[1]。智能变电站可自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能, 并具有根据需支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策等高级应用功能; 同时智能化变电站与集控中心实现高性能通信, 并在集控中心授予的权限范围内进行控制和建模^[2], 这些新的技术平台为变电站实现无人值班提供了技术支撑基础。

500 kV 变电站现有成熟的设计采用基于综合自动化的无人值班技术, 但考虑到其在电网中一般起到枢纽变的作用, 其中的大量一、二次设备运行的可靠性还难以达到真正实现无人值班的运行要求, 实际的 500 kV 变电站运行上大多采用少人值班。基于 IEC61850 标准的 500 kV 变电站开展智能化无人值班站设计, 利用数字化、信息化、智能化的新技术^[3-5]和手段来解决 500 kV 变电站无人值班的技术问题, 实现真正意义上的无人值班模式, 对国家电网具有重要的意义, 也是整个智能电网^[6]发展的必然要求。

1 目前国内 500 kV 变电站“无人值班”存在的问题

在当前的设备条件和技术水平下, 目前 500 kV 无人值班试点变电站存在 3 个问题。

a. 现阶段的一次设备的可靠性有待提高, 无法完全满足“无人化”的运行要求, 如一次设备的绝缘

故障、机构失灵、拒动或误动、漏油、漏气等严重影响安全运行的问题, 有的隔离开关在操作时存在不能远控或合闸不到位现象, 需要现场处理, 无法监视一次设备运行工况。

b. 常规变电站自动化系统存在信息难以共享、设备之间不具备互操作性、系统的可扩展性差、系统可靠性受二次电缆的影响等不足。

c. 目前保护投退、定值区改变等操作采用硬压板、保护插把等方式, 保护硬压板投退的操作无法远方控制, 均由区域的集控中心转令给现场值守人员执行, 保护压板的投退耗费值守人员大量的时间和精力, 且一次设备状态的确认还依赖人工干预。

根据国内 500 kV 变电站的发展状况, 要实现无人值班模式, 其要点主要集中在设备技术条件的完善和管理体制的优化上。

2 500 kV 智能变电站实现无人值班的技术保障

2.1 智能化一次设备

2.1.1 500 kV 智能变压器

500 kV 智能变电站^[7]中的智能变压器是根据结构简单、稳定、少维护免检修、经济运行的原则来选择的, 具备状态监测和智能控制等功能的高度集成, 各功能单元除油色谱在线监测装置外高度集成于智能组件柜, 实现了变压器设备监测与控制智能化。变压器智能化方案创新和集成了一、二次设备技术, 安全可靠、功能匹配、技术先进、经济合理, 大幅提高了变压器设备的可靠性, 变“定期维修”为“状态维修”, 防患于未然, 为 500 kV 变电站的最重要设备实现无人值班提供了重要的技术保障。

2.1.2 智能一次开关设备

500 kV 智能变电站采用的智能一次开关设备, 通过安装在智能组件柜内的智能组件装置, 具有断

路器、隔离开关、地刀的操作、间隔内部以及间隔之间联锁、闭锁功能和各种指示、报警信号等数字化传输功能,并可实现一次设备的操作控制、联锁、闭锁及与其他设备的通信,实现对开关设备的控制执行的智能化。智能组件装置由组合电器厂商统一集成,实现一、二次设备融合,减少成本,最大限度简化了现场的接线,便于运行和维护。该方案解决了长期困扰电网安全可靠运行的电磁干扰及接线错误问题,使开关机构具备自检能力,大量减少了控制电缆的数量,减少了电磁干扰和维护的工作量,为 500 kV 变电站的主要设备实现无人值班奠定了基础。

2.1.3 电子式互感器的应用

500 kV 智能变电站配置的电子式互感器具有良好的绝缘性能、较强的抗电磁干扰能力、测量频带宽、动态范围大等特点。电子传感器具有数字输出、接口方便、通信能力强的特性,其应用将直接改变变电站通信系统的通信方式,特别是一次设备与间隔层二次设备间的通信方式。利用电子互感器输出的数字信号,使用现场总线技术实现点对点/多个点对点或过程总线通信方式,将完全取代大量的二次电缆线,彻底解决二次接线复杂的现象,可以简化测量或保护的系统结构,减少误差源,实现真正意义上的信息共享。此外,电子式互感器无常规电流互感器和电压互感器的爆裂问题和开路、短路问题,极大减少了现场的维护工作量,为变电站实现无人值班创造了条件。

2.2 网络化二次设备

2.2.1 智能变电站自动化系统

无人值班变电站要求站内要有一个能实现集控中心的远方监视和操作、稳定性好、可靠性高的自动化监控系统。在 500 kV 智能变电站中,变电站自动化系统具有两大优势。

a. 变电站自动化系统采用统一的 IEC61850 标准通信协议^[8-10],逻辑结构上分为“站控层”和“设备层”(由间隔层和过程层组成),各层次内部及层次之间采用高速网络通信,各设备之间直接通信沟通无障碍,变电站的各种功能可共享统一的信息平台,避免了设备的重复配置;利用一种通用面向对象变电站事件 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)网络^[11-12]实现跳合闸、联闭锁功能,实现各厂家设备方便快速的集成,实现了变电站自动化系统运行的无人值班化。

b. 全站数据的采集、传输、处理数字化、共享化,利用通信网络和光缆实现数据传输的数字化,二次设备间采用通信网络交换信息取代传统的硬接线,二次设备不出现功能重复的 I/O 接口,常规的功能装置变成了逻辑的功能模块,光缆取代了控制电缆,数字代替了模拟,提高了采样精度和信号传输的可靠性,大幅度简化二次接线,节省一次投资和维护工作量。

2.2.2 智能变电站的保护配置

500 kV 智能变电站采用的数字式继电保护装置^[13]支持 IEC61850 标准,以 IEC61850 规约直接接入站控层和过程层的以太网;支持以 IEC61850-9-2 规约^[14]接收合并单元发出电流、电压采样信号;支持以 GOOSE 报文方式实现开关量的开入与开出。同时,基于 IEC61850 标准的保护装置具备可远方投退保护的软压板^[15]和可实现保护定值区的远方切换功能,实现了保护装置运行的无人值班化。

2.3 智能化系统的高级应用功能

2.3.1 高级应用功能的智能巡检方案

为实现无人值班运行模式和减少或取消现场设备巡视功能,使远方的集控或调度中心能直观察看和了解变电站设备运行环境,500 kV 智能变电站配置的高级应用功能中智能巡检方案主要包括安全图像监视、火灾报警、红外线测温等。此外,智能巡检具备与在线监测及状态检修系统、变电站辅助控制系统联动,变电站辅助控制系统包括火灾报警与主变消防、给排水系统、暖通系统、照明系统等之间的联动等。

a. 图像巡检。变电站内设置一套图像巡检系统,图像监控主机采用正向物理隔离装置与站控层通信,可以实现图像巡检系统与变电站内事件的联动。建立图像巡检系统与变电站内事件的 GOOSE 联动功能,当站内发生诸如断路器跳闸、倒排、一次设备检修操作或继电保护装置动作等事件时,图像巡检系统能够通过安全 I 区与安全 III 区之间的正向物理隔离装置接收来自站控层制造报文规范 MMS(Manufacturing Message Specification)网的事件信息,根据事先建立好的映射关系,找到与该 GOOSE 变量列表成员对应的摄像机的编号、预置位及视频通道号,实现自动推画面、启动录像、打开照明(夜间)、切换视频通道以及报警等操作。

b. 与状态检修系统的联动。建立智能巡检系统与状态检修系统之间的联动,当在线监测系统通过分析诊断继而实现状态检修时,状态检修系统将状态检修信号发送至智能巡检系统,根据事先建立好的映射关系,找到与该状态检修信号相对应的 GOOSE 变量,再通过对该 GOOSE 变量进行分析,找到与该 GOOSE 变量列表成员对应的摄像机编号、预置位及视频通道号,最后通过与图像巡检系统的 GOOSE 联动,实现自动推画面、启动录像、打开照明(夜间)、切换视频通道以及报警等操作。

2.3.2 智能化系统的其余高级应用功能

500 kV 智能变电站除了智能巡检外,还开展包括状态检修、顺序控制、经济运行优化控制、保护运行状态实时显示/控制/管理、电能质量分析、智能告警及事故信息综合分析决策、信息分层/分类优化处理、站域保护等自动化系统的高级应用,可提升自动化水平,减少运行维护的难度和工作量,并将有助

于改善地区电网的结构,提高系统运行的可靠性和稳定性,同时为将来智能电网的全面建设和无人值班的实施奠定坚实的基础。

2.4 无人值班变电站全站设备在线监测及状态检修方案

2.4.1 全站设备在线监测系统

为满足无人值班站相关技术要求,500 kV 智能变电站采用的在线监测系统是充分利用智能组件装置或各种参量采集传感器作为数据信息采集基础,以 RS-485 串口或网口将信息上传给在线监测系统主站。将变电站内一、二次设备由定期检修转变为状态检修,为电网实现基于状态监测的设备全寿命周期综合优化管理提供基础数据的支撑,实现了在远方集控或调度中心综合分析变电站内一、二次设备的各项数据监测结果,集控或调度中心的运行人员可根据状态监测和诊断技术提供的设备状态信息、设备运行情况及趋势分析结果,判断设备的异常和预测设备的故障,安排检修和维护时间,在故障发生前进行检修,减少了设备停电检修的几率和时间,减少了运行成本,进一步降低智能变电站全寿命周期成本,达到了无人值班的目的。

2.4.2 状态检修专家系统

500 kV 智能变电站状态检修专家系统以设备的实际运行状况为基础,实行缺陷检修;通过对设备历次预防性试验数据、运行数据、在线数据进行录入和提取,进行分析和对比,给出设备状态报告、诊断报告及健康评估;报表输出管理可根据各种管理需求,制定出符合要求的各种报表;实现对输变电设备进行台帐数据、预防性实验数据、运行数据、在线监测数据等进行综合管理,并以此为依据,实现设备健康状态的评估,判断设备异常,并根据诊断结果进行检修计划的制定和调整,大幅减少了现场设备的维护工作量,为智能变电站的无人值班创造条件。

2.5 智能交直流一体化电源系统

为满足智能化站无人值班的要求,500 kV 智能变电站用交直流一体化电源系统方案将站用交流电源、直流电源、UPS 及通信直流电源统一设计、集控、生产、调试、服务,并将各电源智能监测设备通过网络通信接入一体化总集控装置,实现对一体化电源系统进行分散数据采集、控制和集中集控管理,远程可实时查看各电源的参数、运行状态等,可修改系统参数、运行方式,遥控开关设备,实现站用交直流电源的状态检修和智能化管理,减少智能化无人值班变电站的日常巡视和维护工作量。智能交直流一体化电源监控系统网络结构如图 1 所示。

3 500 kV 智能变电站无人值班的运行管理模式及经济效益

500 kV 智能变电站运行管理模式可采用“集控

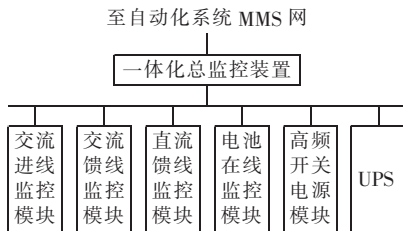


图 1 智能交直流一体化电源监控系统网络结构图

Fig.1 Networking structure of integrated monitoring system of intelligent AC/DC power supply

中心的巡视操作班采取不定期的巡视维护+变电站智能巡检”方案,实现真正意义上的无人值班。

a. 通过上述无人值班技术保障的论述,解决了困扰常规 500 kV 站目前值班运行难以实现无人化的技术问题。在变电站运行及维护管理方面,站内按不设置固定运行、维护值班人员考虑,变电站运行监测、主要控制操作由集控中心站进行,站内设备由集控中心的巡视操作班采取不定期的巡视维护管理模式。无人值班站要求集控中心配备专业巡视队伍,以保证无人值班站设备巡视操作维护及时、到位、无误,消除安全隐患。巡视人员可持手持终端,通过射频识别技术读取设备上的电子标签,实现巡视记录,可进一步减少巡视人员。

b. 由智能巡检代替了以往的人工巡检,可以大幅降低集控中心巡检人员的定期检查、正常巡视工作量和时间周期;500 kV 智能变电站在高级应用技术方案中的智能巡检的辅助决策和故障诊断功能,使巡检系统成为专家系统,为巡检人员和管理人员提供决策支持,主要实现功能如身份识别功能、巡检点定位功能、巡检点信息采集、传送功能、数据分析及预警等。

500 kV 智能变电站的值班无人化后体现的主要经济效益包括 4 个方面。

a. 减少了运行维护人员,降低了运行成本,达到电网节支增效目的。

b. 在设备的维护上,500 kV 智能变电站设备的在线监测和状态检修系统,使设备检修周期延长,降低了检修成本,提高资产运营效益,并在一定程度上延长设备使用寿命;智能巡检系统的应用可以大幅降低集控中心巡检人员的定期检查、正常巡视工作量,延长巡视周期。

c. 无人值班变电站程序化操作的应用避免了常规操作过程中的繁琐操作和误操作,提高整个变电站工作效率,安全可靠性及效率的提高大幅缩短了断电时间,从而减少变电站供电中断而造成的损失成本。

d. 电能质量分析、经济运行优化控制等高级专家系统的应用为电网安全稳定提供了实时、准确的响应速度,为电网运行决策提供了有益的基础数据,潜在经济效益显著。

4 结语

500 kV 智能变电站采用包括智能化一次设备、网络化二次设备、基于 IEC61850 标准变电站自动化系统及高级应用功能、全站在线监测系统、远程图像监控系统、智能交直流一体化电源系统以及智能巡检系统等数字化、信息化、智能化新技术,满足了无人值班变电站运行、管理的要求,能够最大化降低变电站全寿命周期运行成本。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. 无人值守变电站及监控中心技术导则[S]. 北京:[出版者不详],2009.
- [2] 国家电网公司. 智能变电站技术导则[S]. 北京:[出版者不详],2009.
- [3] 高翔,张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术,2006,30(23):67-71.
GAO Xiang,ZHANG Peichao. Main features and key technologies of digital substation[J]. Power System Technology,2006,30(23):67-71.
- [4] 陈文升,唐宏德. 数字化变电站关键技术研究及工程实现[J]. 华东电力,2009,37(1):124-128.
CHEN Wensheng,TANG Hongde. Key technologies of digital substations and related engineering implementation[J]. East China Electric Power,2009,37(1):124-128.
- [5] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京:中国电力出版社,2008:14-130.
- [6] 国家电网公司. 统一坚强智能电网综合研究报告[R]. 北京:[出版者不详],2009.
- [7] 国家电网公司. 330 kV~750 kV 智能变电站设计规范[S]. 北京:[出版者不详],2009.
- [8] IEC. IEC61850 Communication networks and systems in substations[S]. [S.l.]:IEC,2004.
- [9] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC61850 通信协议体系介绍和分析[J].

电力系统自动化,2000,24(8):62-64.

REN Yanming,QIN Lijun,YANG Qixun. Study on IEC61850 communication protocol architecture[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(8):62-64.

- [10] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统[J]. 电网技术,2003,27(10):61-65.
WU Zaijun,HU Minqiang. Research on a substation automation system based on IEC61850[J]. Power System Technology,2003,27(10):61-65.
- [11] 徐成斌,孙一明. 数字化变电站过程层 GOOSE 通信方案[J]. 电力系统自动化,2007,31(19):91-94.
XU Chengbin,SUN Yiming. A communication solution of process layer GOOSE in digitized substation[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(19):91-94.
- [12] 范建忠,马千里. GOOSE 通信与应用[J]. 电力系统自动化,2007,31(19):85-90.
FAN Jianzhong,MA Qianli. GOOSE and its application[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(19):85-90.
- [13] 吴在军,窦晓波,胡敏强. 基于 IEC61850 标准的数字保护装置建模[J]. 电网技术,2005,29(21):81-84.
WU Zaijun,DOU Xiaobo,HU Minqiang. Modeling of digital protective device according to IEC61850[J]. Power System Technology,2005,29(21):81-84.
- [14] IEC. IEC61850-9-2 Communication networks and systems in substations,part 9-2:Specific Communication Service Mapping (SCSM)-sampled values over ISO/IEC8802-3[S]. [S.l.]:IEC,2003.
- [15] 国家电网公司. 智能变电站继电保护技术规范[S]. 北京:[出版者不详],2010.

(编辑:汪仪珍)

作者简介:

陈晓捷(1978-),女,福建福州人,国家注册电气工程师,国家注册监理师,工程师,从事电网、发电厂电气设计和研究(E-mail:chenwp918@163.com)。

Techniques of 500 kV smart unattended substation

CHEN Xiaojie

(Electric Power Survey & Design Institute of Fujian Province,Fuzhou 350003,China)

Abstract: The new technologies for the true unattended operation of 500 kV smart substation are expounded, including intelligent primary equipment,networked secondary equipment,IEC61850-based standard substation automation system with advanced applications,online equipment monitoring & conditional maintenance system, remote video monitoring system,intelligent AC/DC power supply system,intelligent inspection system,etc. The technical enhancement of equipment and the systematic optimization of management are the main points in the implementation of true unattended operation. The operational management mode of 500 kV smart unattended substations is put forward;the irregular maintenance patrol of control center plus the intelligent inspection system of substation.

Key words: smart substation; unattended; IEC61850