

智能变电站技术经济分析研究

杨卫星^{1,2}, 江道灼^{1*}, 李 慧¹, 张雪松³, 刁 娟⁴

(1. 浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江省电力设计院, 浙江 杭州 310012;

3. 浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310014; 4. 浙江省建筑安装职业技术学校, 浙江 杭州 310022)

摘要: 投资与效益是智能变电站建设的关键问题, 为解决这一问题开展了智能变电站技术方案优、缺点分析, 对智能一次设备、电子式互感器、设备状态监测、统一的数据平台和智能辅助控制系统等产生的效益进行了评价。结合浙江省 500 kV 智能变电站试点建设经验, 其结果表明, 智能变电站投资比常规变电站增加约 4% ~ 6% 左右, 智能化设备投资约占智能变电站总投资的 10% ~ 15% 左右。

关键词: 智能变电站; 技术方案; 评价; 经济效益;

中图分类号: TM9; TM63; F407.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)10-1264-05

Technical and economic analysis of intelligent substation

YANG Wei-xing^{1,2}, JIANG Dao-zhuo¹, LI Hui², ZHANG Xue-song², DOU Juan⁴

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Zhejiang Electric Power Design Institute, Hangzhou 310012, China;

3. Zhejiang Electric Power Test & Research Institute, Hangzhou 310014, China;

4. Zhejiang Construction and Installation Technial School, Hangzhou 310022, China)

Abstract: Investment and efficiency are key issues in intelligent substation construction. In order to solve this problem, after the analysis of advantages and disadvantages of intelligent substation technology program, the benefits of the smart devices, electronic transformer, equipment condition monitoring, a unified data platform and intelligent auxiliary control system were evaluated. With experience in building intelligent 500 kV pilot substation of Zhejiang province, the experimental results show that intelligent substation investment increase of about 4% to 6% than conventional substation, intelligent equipment investment accounts for a total investment of intelligent substation of about 10% to 15%.

Key words: intelligent substation; technology program; evaluation; economic benefit

0 引 言

建设坚强智能电网, 充分发挥电网在资源优化配置、全面服务国民经济发展中的作用, 对我国经济社会全面、协调、可持续发展具有十分重要的现实意义。作为智能电网的重要组成部分和关键节点, 智能变电站的设计和建设应当充分体现“信息化、自动化、互动化”的特点和需求^[1-2]。一般认为, 智能变电站是以数字化变电站为依托, 通过采用先进的传感器、电子、信息、通信、控制、智能分析软件等技术, 采用统一的通信网络标准 IEC61850^[3-5], 建立全站所有信息采集、传

输、分析、处理的数字化统一应用平台, 实现变电站的自动运行控制、设备状态检修、运行状态自适应、分布协同控制、智能分析决策等高级应用功能, 提高管理和运行维护水平。

智能电网要求变电站实现智能化, 在前一阶段数字化变电站建设经验的基础上, 智能变电站的建设需求和应用渐渐明晰。本研究拟在数字化变电站技术的基础上, 结合智能变电站试点建设经验, 综合考虑技术的发展, 在智能变电站技术方案的基础上, 进行技术经济效益分析。

收稿日期: 2011-04-02

作者简介: 杨卫星 (1979-), 男, 浙江兰溪人, 主要从事变电工程电气设计工作。E-mail: star0683@163.com

通信联系人: 江道灼, 男, 教授。E-mail: dzjiang@zju.edu.cn

1 智能变电站主要技术

智能变电站主要技术分析如下:

(1)采用统一的数据信息平台,供变电站站控层各高级应用子系统进行统一、标准化、规范化的数据存取访问及向调度系统、生产系统进行上送。系统功能主要包含:变电站中计算机监控系统、远动数据、电能量数据、保护故障录波数据、设备状态监测数据等各子系统信息的集成方案;变电站中各子系统数据基于 IEC61850 标准统一建模,提供统一访问接口,供生产管理信息系统应用;变电站中以统一数据平台为基础构建各类高级应用,如实现智能开票、一键式顺序控制、智能告警与故障综合分析、一/二次设备智能诊断、状态检修和与相邻智能变电站互动等,随着智能电网的需求增加而不断地开发完善,为变电站智能化和站内信息数据的深化应用提供信息平台支持。

(2)采用智能终端和一次设备组成智能一次设备,实现保护、测控、计量、设备状态监测功能,智能一次设备通过在一次设备外加智能组件,实现一次设备的保护、测控和状态监测等功能。现阶段技术条件下一般可采用“常规一次设备+智能终端+状态监测单元”的方案,保留常规电气一次设备本体结构或机电控制回路,仅间隔内保留部分电缆接线,达到一次设备的智能化目的,如图 1 所示。

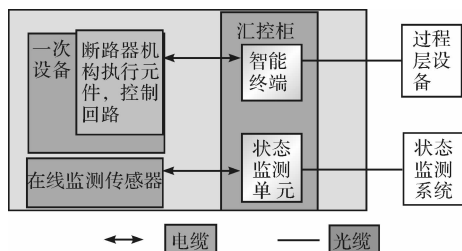


图 1 一次设备智能化方案 (常规开关设备 + 智能终端)

采用“常规开关设备+智能终端”方案相对安全可靠、运行稳定,有在 500 kV 电压等级运行的经验,在 220 kV 及以下变电站有较多的成功案例,满足智能变电站的技术要求,智能组件就地安装于一次设备本体或就地户外智能汇控柜内。

(3)采用电子式互感器实现二次系统模拟量采集的数字化。电子式互感器根据其高压部分是否需要工作电源,可分为有源式和无源式两大类。电子式互感器具有优良的绝缘性能、较强的抗电磁干扰能力、无磁饱和和铁磁谐振、动态范围大、精度高、体积小、重量轻等优势^[6-8]。同时电子式互感器也存在较多的缺陷,如无源电子式互感器易受温度、振动等环境影响,长期稳定性有待工艺和材料的改进以及工程实践的检验,独立结构有源电子式互感器存在抗干扰和可靠供能的关键问题,电子式互感器应用中的配套技术如合并单元、

网络同步对时以及相应的测试仪器等需要进一步的总结完善等。不同原理的电子式互感器均已经在较多的变电站中开展了试点的应用,但最终效果如何还要看智能变电站试点长期应用的情况。就现阶段而言,针对不同电压等级、不同配电装置配置形式应用不同原理的电子互感器,比较符合现阶段电子式互感器技术水平,如考虑在 GIS/HGIS 配电装置的变电站中采用罗氏线圈原理的电子式电流互感器,可以避免高压侧电子电路需要供电的情况,而在 AIS 配电装置的变电站中采用光纤或磁光玻璃等无源电子式电流互感器可以有效避免高压侧电子电路的更换和检修,还可以与一次断路器、隔离开关等有效结合以缩小配电装置的占地面积。

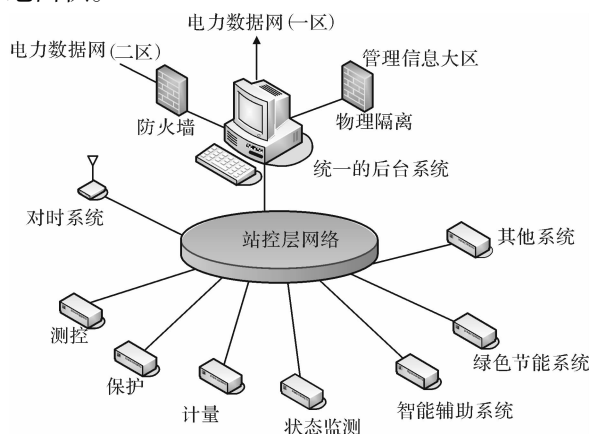


图 2 智能变电站总体技术应用方案图

(4)采用设备状态监测系统,实现设备状态监测;实现对主变、断路器、避雷器等状态监测功能,配置全站统一的状态监测后台分析软件。我国电力系统变电设备的状态分析实现方式主要有两种:一是离线诊断;二是在线监测,“离线故障诊断”是对已存在的故障进行分析,而在线监测的实质是要求分析设备的当前状态及未来趋势,在发生故障之前提出检修计划,做到防患于未然^[9]。就目前运行的需求和技术水平而言,可对以下变电站主要设备的主要参量进行监测:变压器配置油色谱(含微水)在线监测、铁芯接地在线监测、局部放电在线监测^[10]、温度及负荷在线监测;断路器气体密度在线监测开关的绝缘情况,在线监视开关的动作时间、储能回路监视与报警、断路器分合闸线圈波形监测、位置信息;避雷器在线监测装置,避雷器状态监测可通过无线或有线传输至相应的避雷器状态监测单元;二次保护、监控、智能终端、网络系统的状态监测。采用全站统一的状态监测后台分析软件,独立或内嵌于全站统一数据平台;用于变电站内各个设备的状态监测及数据分析,状态监测软件平台留有与状态检修主站的通信接口。

(5)采用智能辅助系统,实现视频系统、电子围栏、暖通消防系统之间联动以及对环境的监测功能。

将变电站图像监视系统、电子围栏系统、安防系统、灯光系统、空调等辅助系统有机地整合到平台统一管理及联动处理,提高应急处理的和反应能力。智能辅助控制系统作为变电站所有辅助系统的管理者,为整个变电站提供全方位的服务,其主要功能要求如下:系统应将所有变电站前端图像进行采集,实现统一管理;系统应接入电子围栏、红外对射等系统,实现这些系统的统一管理;系统应接入温湿度传感设备、气体探测设备、振动探测设备等探测装置,实现信息采集;系统应

可对空调、排风等环境类系统进行控制;系统应实现接入烟感等系统的信息接入。

(6)智能变电站总体技术应用方案如图 2 所示。

2 智能变电站效益分析

3.1 技术因子分析

智能变电站相关的技术经济因素如表 1 所示。

表 1 技术经济因子表

序号	智能变电站与常规站的区别	属性	变化
1	统一建模、信息共享	二次系统安全性、效率和效益	增加
2	高压与二次系统的隔离,保证二次系统的安全性		增加
3	光缆使用的增加,抗干扰性能		增加
4	电子式互感器	设备费用	减少
5	智能单元的使用,增加了设备费用		持平
6	合并单元的使用,增加了设备费用		增加
7	在线监测设备		增加
8	高级应用		增加
9	保护测控一体化		减小
10	集中式保护		减小
11	220 kV 接线简化,减少元件		减小
12	取消保护管理机		减小
13	交换机的使用		增加
14	电缆使用量		减小
15	光缆使用量		增加
16	组屏优化后屏柜数量		减少
17	占地面积	占地面积、建构筑物	减小
18	主控通信楼		取消
19	继电器室		减小
20	电缆沟		减小
21	调试接线工作量(初期),与常规相比	调试、维护、人工	持平
22	调试工作量(成熟期)减少,与常规相比		减小
23	电子式互感器的使用,减少由互感器引起的事故停运		减小
24	协议转换器,人工成本费		减小
25	电缆使用减少二次接线等运维费用		减小
26	在线监测技术应用提高电网安全性	运行效益	增加
27	高级应用提高电网安全性		增加
28	无人值班		增加

智能一次设备应用,简化二次回路设计、减少二次接线;智能二次设备之间通过网络(光纤以太网)实现信息传递,节省电缆,提高了整个二次系统的抗干扰能力和可靠性。

统一的数据平台解决了变电站站控层系统多,接口多、数据共享程度差、数据综合应用困难的问题,一键式顺序控制、智能开票、智能告警与故障综合分析,一次设备诊断、源端维护等高级功能实现了智能电网对变电站的需求。

2.2 技术经济分析

本研究以国家电网公司常规 500 kV 变电站的建设规模为例,进行技术经济分析,规模如下:主变压器本期 $2 \times 1\,000\text{ MVA}$,远期 $4 \times 1\,000\text{ MVA}$,500 kV 出线回路数本期 4 回,远期 10 回,220 kV 出线本期 10 回,远期 16 回,35 kV 无功本期 2 组电抗,远期 16 组无功。

2.2.1 智能主设备购置费用

智能变电站与同等规模常规变电站在主要设备和部分引起较大变化因素在投资上的差异如表 2 所示。

表 2 智能变电站方案与常规方案主设备购置费用比较表

序号	项目	所属项目	常规/万元	智能/万元	智能 - 常规/万元
1	在线监测系统后台	智能一次 设备和在 线监测	0	7	7
2	智能变压器控制单元、在线监测单元		0	312	312
3	HGIS/GIS 控制单元、在线监测单元		0	732	732
4	避雷器在线监测单元		0	10	10
5	500 kV GIS 电子式互感器	电子式互感器	700	690	- 10
6	220 kV GIS 电子式互感器		751	528	- 223
7	35 kV 电子式互感器		126	107	- 19
8	状态检修	高级应用	0	20	20
9	顺序控制		0	18	18
10	智能告警系统		0	10	10
11	经济运行和优化控制		0	7	7
12	故障信息智能分析决策		0	15	15
13	统一数据平台		0	50	50
14	智能单元	自动化系统	0	180	180
15	合并单元		0	174	174
16	交换机		5	120	115
17	35 kV 保护		20	0	- 20
18	500 kV 测控		60	60	0
19	220 kV 测控		50	0	- 50
20	35 kV 测控		20	16	- 4
21	故障录波		50	20	- 30
22	光缆		5	38	33
23	控制电缆		400	25	- 375
24	保护管理机		40	0	- 40
25	规约转换		40	0	- 40
26	调试(初期)		80	80	0
27	征地费用(围墙内)	土建部分	1 750	1 620	- 130
合计			4 097	4 839	742

主设备的变化主要是增加了电子式互感器、智能终端、合并单元、状态监测、交换机等设备;减少了常规电能表计、常规故障录波器、二次屏柜等;后台监控系统增加了高级功能、一体化电源、智能辅助控制等;传输介质增加了光缆,减少了电缆用量。

智能变电站相对于常规变电站在设备价格方面有所增加。以浙江省某 500 kV 智能变电站为例,电子式互感器价格是常规互感器的 2 ~ 3 倍,状态监测、统一数据信息平台、高级功能应用、智能辅助系统等新增设备是常规变电站投资的 3 ~ 4 倍。总体来看,各电压等级智能变电站的智能化投资中,一次设备、二次系统、辅助系统等所占比重较大。

根据表 2 可知,从总体投资来讲,变电站按智能变电站方案设计比常规变电站投资增加 742 万元,约占常规变电站总投资的 4% ~ 6% 左右;而智能化设备投资为 3 219 万元,约占智能变电站总投资的 10% ~ 15%。随着智能变电站设备的成熟,智能变电站投资将会进一步降低。

2.2.2 运行维护成本

运行维护成本包括变电站一、二次设备维修、巡视、站用电、有人值守、就地操作等费用。以浙江省某 500 kV 智能变电站为例,建成后,可实现设备“例行检修”向“状态检修”的转变,延长设备检修周期,减少设备检修频率,从而每年可降低用电成本、运行维护成本及人力值守成本约 162 万元。

2.2.3 效益分析

智能变电站的效益主要体现在节约占地、建筑面积、节材、节能等方面。

智能变电站的设备高度集成、二次设备就地安装,可节约占地面积;屏柜布置紧凑节约建筑面积,同时节约了土石方量、钢材、电缆数量等;通过采用高效能灯具降低了变电站的电能消耗,通过状态监测功能,减少了主要设备的检修维护次数和时间。

同样以浙江省某 500 kV 智能变电站为例,二次设备就地安装,节约继电器室建筑面积近 51 m²,采用组合式智能开关,节约占地约 115 m²;电子式电流电压组合型互感器,节约占地约 3 645 m²。采用 GOOSE 技

术实现二次设备的分合闸传输,二次设备下放和传输通道的光纤化,节约电缆 45 km,电缆沟节省约 200 m³。以上折合成费用可节省约 391.5 万元。

3 结束语

本研究采用智能一次设备、设备状态监测、电子式互感器、统一数据信息平台、智能辅助控制系统等实现变电站智能化。总体来看,智能变电站投资较常规站高 4%~6%。在智能化投资中,智能一次设备投资比重最大,自动化系统和智能辅助控制系统的占比重次之。其中电子式互感器、状态监测设备、统一数据信息平台、智能辅助控制设备占智能化投资的主要部分。智能变电站在运行维护成本方面要低于常规变电站。智能变电站节约了变电站的占地及建筑面积,节约了建筑工程量,降低了变电站的电能消耗,通过设备状态监测减少设备的停电检修次数和时间,社会效益显著。随着智能化技术的推广普及,智能一次设备、电子式互感器、状态监测等设备价格逐渐降低,智能化投资所占比重将逐渐降低,智能变电站的经济效益将越来越突出。

参考文献 (References):

- [1] 余贻鑫. 智能电网的技术组成和实现顺序[J]. 南方电网技术, 2009, 3(2): 1-5.

- [2] 王明俊. 智能电网热点问题探讨[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 9-16.
- [3] IEC61850-5, Communication networks and system in substations-part 5: Communication requirements for functions and device models [S]. Geneva: IEC, 2003.
- [4] IEC61850-9-1, Communication Networks and System in Substation Part 9-1: specific Communication Service Mapping—Sampled Values Over Serial Unidirectional Multidrop Point to Point Link [S]. Geneva: IEC, 2003.
- [5] DJEKIC Z, PORTILLLO L, KEZUNOVIC M. Compatibility and interoperability evaluation of all-digital protection systems based on IEC61850-9-2 communication standard [C]// IEEE PES General Meeting. USA: IEEE, 2008: 1-5.
- [6] 午洪新, 黄少锋, 刘 勇. 基于二次插值理论电子式互感器数据同步的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(15): 48-52.
- [7] 高 翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [8] 程 莉. 应用于智能变电站的电子式互感器选型分析[J]. 江苏电机工程, 2010, 29(4): 62-64.
- [9] 周建国, 李红雷. 基于数字化平台的输变电设备在线分析和状态维修技术[J]. 华东电力, 2009, 37(7): 1075-1079.
- [10] 王东升, 丁立健, 于龙滨. 变压器局部放电在线监测技术[J]. 东北电力技术, 2009(3): 34-37.

[编辑: 张 翔]

(上接第 1259 页)

地点查找功能通过输入目的地名称, 调用 getFromLocationName() 方法来返回查询结果并在地图上显示, 可以方便找到目的地的位置。目的地经、纬度借助 LocationManager 的 getLastKnownLocation 方法来得到; 通过 getLastKnownLocation 方法得到一个新的 Location 对象, 那么该点的经度和纬度分别由该类的 getLatitude() 和 getLongitude() 方法来得到。

除此之外, 景点周围信息查询功能模块通过预先存储的内容, 为游客提供周围的交通和食宿信息。

4 结束语

Android 平台因其优异的性能和开放性, 日益在智能手机、平板电脑、车载导航仪、数字电视等嵌入式终端系统获得广泛应用。本研究提出了一种基于 Android 平台的智能导游系统的设计和实现方案, 分析了各个功能模块的设计和实现方法, 测试结果表明, 该系统运行稳定, 操作简单, 能提供丰富的多媒体应用并具有良好的交互界面, 在旅游业中有广泛的应用前景。另外, 该系统还可以结合地理位置信息, 实现自动选择相应的多媒体应用的文件, 该功能有待进一步研究和实现。

参考文献 (References):

- [1] 李玉华. 中国旅游业国际竞争力的现状分析与提升对策[J]. 河南社会科学, 2010(9): 229-231.
- [2] 马 斌, 杜 民, 赵辽英. 基于 ARM9 和 nRF9E5 的智能旅游管理系统[J]. 机电工程, 2009, 26(26): 65-68.
- [3] 施竟成, 方志刚, 汤益军. 便携式智能导游系统的设计和实现[J]. 计算机工程, 2010(2): 269-271.
- [4] OGRADY M J, OHARE G M P. Gulliver's genie: agency, mobility & adaptivity [J]. Computers & Graphics, 2004, 28(4): 677-689.
- [5] 农力萍, 王力虎, 黄一平. Android 在嵌入式车载导航系统的应用研究[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(11): 2473-2476.
- [6] SHU Xian-hua, DU Zhen-jun, CHEN Rong. Research on Mobile Location Service Design based on Android [C]// Proceedings of the IEEE Conf WICOM09. Beijing: [s. n.], 2009: [s. n.].
- [7] 姚尚朗, 靳 岩. Android 开发入门与实战[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [8] 舒贤华. 基于 Android 平台的手机 Web 地图服务设计[D]. 大连: 大连海事大学计算机科学与技术学院, 2009.

[编辑: 李 辉]