

县级供电系统智能电网平台支撑技术研究

钟建伟¹,柳文述²,黄 干²,李孝平²

(1.湖北民族学院 信息工程学院,湖北 恩施 445000;

2.恩施州水利电力勘测设计院,湖北 恩施 445000)

摘要:县级电网由城网和农网构成。城网供电负荷集中,供电环境较好,事故率低,易维护。农网线路走廊多以山区为主,运行环境差,受自然环境的影响较大,事故率高,排查困难,且供电距离远,负荷点分布零散,线损大,电能质量较差,结构薄弱。为了进一步优化各级电网规划,促进各电压等级电网协调发展、送端电网和受端电网协调发展、城市电网与农村电网协调发展、一次系统和二次系统协调发展,着力研究以通信信息平台为支撑,以智能控制为手段,实现电力流、信息流、业务流的高度一体化融合,从而为实现坚强可靠、经济高效、清洁环保、透明开放、友好互动的现代电网奠定良好的基础,以提高县级电网运营的安全性、可靠性和经济性,降低用户用电成本,提高能源利用效率,实现节能减排。

关键词:供电系统;智能电网;支撑技术

中图分类号:TM7

文献标志码:A

文章编号:1008-8423(2012)03-0281-05

Study on Platform Support Technology of Intelligent Grid for County-level Power Supply System

ZHONG Jian-wei¹, LIU Wen-shu², HUANG Gan², LI Xiao-ping²

(1. School of Information Engineering, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, China;

2. Enshi Survey and Design Institute of Water Resources and Electric Power, Enshi 445000, China)

Abstract: The county-level grid is made up of by the urban network and rural network. The power supply load of the urban network is concentrated with better environment, low accident rate and easy maintenance. The rural network lines are mainly scattered in the mountainous areas, so they have poor operation environment and high accident rate. In addition, the rural network is greatly affected by natural environment and has difficulty in troubleshooting. As the power supply distance of the rural network is long and the load points are scattered, the line loss is great and the quality of the electric energy is poor. To optimize grid planning at different levels and promote coordinated development, this paper studies integration of power flow, information flow and business flow with the communication as the support, and intelligent control as a means, so as to lay a solid foundation for a modern grid that is strong and reliable, economical and efficient, clean and environment friendly, transparent and open and harmoniously interactive. The purpose is to improve the security of operation and the reliability and economy of the county-level power grid, improve the efficiency of energy use and achieve energy saving and emission reduction.

Key words: power supply system; smart grid; supporting technology

县级供电系统是构建智能电网的重要单元,是以各级电网协调发展的坚强电网和统一开放信息支撑平台为基础,以先进的通信、信息和控制技术为手段,达到适应电源多元化接入、保障电网安全、为用户可靠用电、提升管理效率,达到电力系统各环节良性互动的目的,实现安全、可靠、优质、清洁、高效的电力供应,满足经济社会全面、协调、可持续发展的需求^[1-5]。

1 县级智能电网技术存在问题和差距

1.1 发电环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

县级电网能源结构性矛盾一般都较为突出,“缺煤、少油、乏气,水电资源开发殆尽”是其基本状况。风

收稿日期:2012-05-21.

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2011CDC096).

作者简介:钟建伟(1972-),男,硕士,副教授,主要从事电力电子技术与创新能源的研究。

能、太阳能等可再生能源的开发在提速,但仍存在较大的差距^[6-7]。县级电网并网机组一次调频和自动发电控制(Automatic Generation Control, AGC)性能测试 results 和运行状况还存在一定的差距,调节速率以及最低出力达不到规定限值标准。优化调度系统的高级应用功能 AGC、自动电压控制(Automatic voltage control, AVC)、高级配电运行(Advanced asset management, ADO)等功能有待进一步开发和实践。

1.2 输电环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

- 1) 输电线路状态检测尚未建立完善的体系和统一的平台,缺乏统一规范和标准;
- 2) 电网输电线路老设备多,气象条件恶劣、自然灾害较多,线路维护技术手段及装备落后。

1.3 变电环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

1) 变电站综合自动化系统方面。目前,综合自动化系统缺乏从建设到运行维护全过程中,完整、统一的标准体系。已建成的综合自动化变电站,由于不同厂家的保护、测控单元通信协议存在差异,单元层与变电层之间的通信不能实现无缝连接,需要进行规约转换;

2) 数字化变电站、智能化变电站建设、准备方面。当前的数字化变电站仅仅是对原有变电站综合自动化技术的变革,而没有考虑生产管理融合、资产管理等智能电网的高级应用需求;

3) 电压无功调节控制方面。在线运行 AVC 系统受电网影响,其控制策略和控制参数需进一步完善;动态无功补偿安装不足,电网电压和无功需求平滑调节能力欠缺;部分站点受用户负荷波动影响突出,电压调节控制较频繁;大用户无功补偿水平与电力系统配置标准存在一定差距;

4) 设备在线监测方面。部分设备的在线监测手段、方法还不成熟,在线监测技术研究有待进一步提高,已使用在线监测设备的稳定性有待改进,检测数据的精度还低于常规检测水平,可靠性不足,且在线检测设备现场维护、校验困难;

5) 设备状态检修方面。目前,状态检修工作才刚刚起步,还处在由设备定期检修到状态检修过渡的过程中,设备检修模式还处于定期检修和故障检修相结合的模式阶段。

1.4 配电环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

1) 城市配电网仍很薄弱,互连互供能力较差,坚强灵活的网架尚未形成;

2) 配电自动化系统的数据采集与监视控制系统(Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA)建设在开展中,但馈线自动化刚刚起步;

3) 配网集约化、专业化的管理还需深入推进。利用配网生产管理系统实现了配电生产计划管理、工作票管理等生产业务的在线过程管理,初步形成了集约化、专业化管理格局。

4) 分布式发电、储能和微电网系统接入的研究尚未开展。

1.5 用电环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

用电信息采集系统建设标准化程度较低,技术方案和功能实现存在较大差异,电能表及采集终端型式多样、智能化水平不高,没有完全实现预付费、负荷压限等技术管理功能。数据采集终端稳定性不够,易损耗,后续投入资金渠道来源不明确。部分偏远地区网络资源匮乏,终端设备陈旧,采集系统和营销信息系统等营销核心业务运行的网络资源可靠性还需要进一步提升,面向用户侧的通信网络资源不足。

1.6 调度环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

县级供电系统自身骨干网架建设存在各种局限,电网动态安全稳定存在一定的风险;系统监视仍然以 SCADA 实时监视为主,广域监测系统(Wide Area Measurement System, WAMS)系统受相量测量装置(Precision Measurement Unit, PMU)布点数量的影响,只能监视部分节点,难以做到真正的全网实时监测,在线分析预警、三态数据整合等方面的工作还需要深入研究。调度已具备的技术支持系统应用功能非常有限,大多只具备基本的数据采集与监视功能,与智能调度技术支持系统所要求的四大类应用功能(实时监控与预警类应用、调度计划类应用、安全校核类应用、调度管理类应用)都有很大的差距。

1.7 通信信息环节存在的问题以及与智能电网发展需求的差距

1) 通信方面。配网和用户侧通信网络建设几乎为零。需要建设配用电一体化的通信平台,支持配网自动化、用电信息采集以及双向营销互动业务信息传输的要求;

2) 信息方面。信息网络和机房建设需要更大的柔性扩展与灵活配置能力,以适应智能电网背景下覆盖面更广、集成度更高、安全性更好、集中度更高的信息化要求。应用集成环境需要逐步向面向服务构架转变,

以满足服务随需而变、业务深度融合的应用集成要求。

2 县级供电系统智能电网支撑技术

2.1 发电环节支撑技术

1) 发电机、励磁系统、调速系统参数实测。目前,对电力系统进行分析研究的主要方法仍然是仿真计算。开展发电机、励磁系统、调速系统的实测工作,可以增加仿真计算的精度,提高仿真结果的可信性和实用性,因而对提高基于仿真结果的电力系统设计、规划、运行的科学性和可靠性有重要意义。

2) 风电、太阳能等间歇式电源接入及其安全稳定控制技术。实现风电、太阳能等间歇式电源的规范有序接入;改善或提出新的功率控制技术,平滑有功输出波动,提高无功电压支撑能力;建立精度更高的风电场、光伏发电场等间歇式电源功率预测模型,实现协调控制,提高对可再生能源的协调控制能力,确保电网安全稳定运行。

3) 厂网协调控制技术。研究一次调频、AGC、AVC 的智能化管理与协调控制技术;研究发电厂电压、无功智能优化平衡策略;研究发电厂特殊保护与控制的智能协调;研究提高机组可靠性、可用性和可调性的控制技术;研究广域协调整定技术;研究各种类型机组接入电网的协调控制技术。

2.2 输电环节支撑技术

1) 输电线路可视化、数字化技术。建立输电线路状态监测中心,实现输电线路可视化、数字化。完善升级雷电定位系统,对输电线路雷害进行智能化预警。开展现场监测装置通讯技术研究,研究光纤接入、无线接力、公网接入技术等,解决数据传输问题;开展输电线路覆冰风险评价、安全预警技术的研究,通过区域环境信息、综合线路本体基础信息,研究线路覆冰等面临的风险水平、发展趋势;开展输电线路污闪风险评价、安全预警技术研究,通过区域环境信息、综合线路本体基础信息,研究线路污闪等面临的风险水平、发展趋势。

2) 智能化巡检关键技术。结合全球定位系统(Global Positioning System, GPS)、地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术和采集终端、移动终端技术的电力智能化巡检能使巡检人员在现场按照巡检工作流程,进行巡检任务的查询、设备信息和地理信息的采集和查询、设备缺陷情况的记录等工作,具有路线安排、数据记录、工作状态监督、数据汇总统计等功能,并可与电力企业现有信息系统无缝连接,克服了传统手工方式的缺点,保证输配电设备的高效率、低故障率安全运行。

3) 雷击事故智能诊断技术与雷害风险评估技术。雷击是造成输电线路跳闸的首要原因,雷击跳闸占总跳闸次数的40%左右,也是导致线路故障停运的第二大因素。提升电网雷电监测水平,获取长期雷电参数分布特征,实现电网差异化、精细化防雷,提高防雷技术经济性,保障电网具有坚强抗击雷害风险能力。

4) 短路电流限制器、可控串联补偿器、统一潮流控制器应用技术。采用短路电流限制器能够限制电网的短路容量,减轻断路器等各种高压电气设备的动、热稳定负担,提高其动作可靠性和使用寿命。可控串联补偿器有效缩短远距离交流输电系统的电气距离,提高暂态稳定水平及输电能力。统一潮流控制器是迄今为止功能最为强大的灵活交流输电系统(Flexible AC transmission system, FACTS)装置,能有效提高电网稳定极限,并实现对潮流的灵活控制。

2.3 变电环节支撑技术

1) 智能变电站时间同步技术研究应用。现用变电站时间同步技术不统一、接口复杂,且现有工业以太网的交换速率不能完全满足要求,难以满足智能电网对变电站的数据实时标记要求。高速以太网和 IEC61588 精确时钟同步协议的采用,以及支持 IEC61588 和 DL/T860 标准的以太网交换机投入使用,将推进智能变电站信息交互的快速、准确、有效。

2) 智能变电站自动化系统集中监控无人值班技术应用研究。智能变电站系统层功能实现高度集成一体化,智能设备的互联互通支持采用系统级的运行控制策略。系统层能够实现顺序控制和站域控制、站内设备状态估计及数据辨识与处理,实现电能质量评估与决策,实现主要一次设备(变压器、断路器等)状态信息可视化,为电网实现基于状态检测的设备全寿命周期综合优化管理提供基础数据支撑,支持远方调度/集控系统实现智能告警、故障信息综合分析决策、经济运行与优化控制。

3) 智能变电设备测试和规约检测技术研究应用。基于 IEC61850 标准(DL/T860 标准)为基础设备测试和规约检测技术的应用^[8-9],可以有效保障智能变电站自动化系统性能满足电网要求,提高“四遥”或“五

遥”的正确性、可靠性和实时性,保障集控无人值班的有效实施,支持运行数据的全面采集和实时共享的实现,支撑电网实时控制、智能调节和各类高级应用。

4) 变压器内置式自诊断技术. 变压器内置式自诊断技术的研究通过连续监测数据积累开发变压器短路故障、负载能力及剩余寿命的自诊断和预警的技术及软件系统,积累运行经验形成试验检修及负荷调配的技术体系,实现由带电巡回检测到在线连续监测及控制的逐步过渡。

2.4 配电环节支撑技术

1) 配电网智能化规划及网架优化技术. 针对智能配电网特性,从电源、网架、负荷、评估等方面,逐步开展优化规划相关研究,通过适应智能配电网的负荷分析与预测、可再生能源出力预测、规划技术经济指标体系、智能配电网评估模型、智能配电网规划平台等的应用,为今后智能配电网的建设和改造奠定基础。

2) 配电网风险评估及智能预警技术. 通过对智能配电网在线风险评估及预警的指标体系与算法的研究,研究开发智能配电网在线风险评估及供电安全预警系统,推动配电网安全评价由确定性评价向概率性定量评价转变. 实现配电网安全运行裕度的在线评价及危险运行状态的识别与预警,实现配电网薄弱环节的分析与提示,为提高配电网运行可靠性和运行效率提供技术支持。

3) 智能配电网应用系统集成与可视化关键技术. 通过智能配电网应用系统集成关键技术研究,掌握智能配电网信息集成的实现方法,从而更好地建设智能化的配电网企业服务总线,形成从根本上满足配电网运行要求的智能信息交换总线,实现企业级信息集成的要求,为进一步的配电网智能化决策提供信息与服务的基础. 通过可视化技术与智能应用系统的结合,实现覆盖全网相关数据的可视化,实现配电网的可视化智能监视,同时支持配电网的精细化管理需求。

4) 分布式发电、分布式储能接入相关技术研究. 针对智能电网支持分布式能源和储能装置的特征,研究分布式电源、储能系统和微电网接入与协调控制技术,通过合理的电源控制方法使得分布式电源平滑接入系统,以及微电网模块化设计,实现微网即插即用功能^[10-11]。

2.5 用电环节支撑技术

1) 双向数据通信及智能采集设备应用技术. 通过电力用户用电信息采集系统,实现计量装置在线监测和用户负荷、电量、电压等重要信息的实时采集,及时、完整、准确地为信息系统提供基础数据,实现电费收缴的全面预控,提升公司市场变化快速响应能力,实现与客户需求的互动,实时定制的缴费及相关业务服务功能. 通过双向交互的门户系统平台、移动终端或其他形式,为客户提供相关信息查询及缴费业务的申请、撤销、变更,使客户能随时随地定制多元化缴费模式。

2) 基于关系数据库的营销信息化技术. 通过适应智能电网的营销中心建设,实现与公司内外 SCADA 或能量管理系统(Energy management system, EMS)、配网系统等应用系统的集成,建立实时电量数据、客户信息数据、客户信用数据、客户资产数据等为基础的大型数据仓库,实时监测配网线路和公用配变的运行情况,辅助支持配网运行方式的调整,智能化下发客户用电控制策略,改变终端用户用能模式,提高用户用电效率,最终实现多通道、多互动、自补全的智能营销中心建设。

3) 智能用电管理技术. 配合智能用电小区建设,完善适应智能化电力设备的用电管理体系,推动智能家电、电动汽车等领域的技术创新和应用,改善终端用户用电模式,减少电力损耗,促进社会资源优化整合,为用户提供安全可靠、经济节能、便捷舒适的用电服务。

2.6 调度环节支撑技术

1) 全景全专业全过程仿真技术及系统故障后的快速恢复技术. 建立电网全过程仿真一致系统,功能完全和智能调度决策系统一样,但是节点配置可以简化. 仿真状态的智能调度决策系统和实时平台通过防火墙进行隔离,取得实时集成平台的所有模型和图形。

为电网发生停电后快速、安全、经济恢复供电提供辅助决策支持,减小停电损失并规避由恢复措施引起的新的失稳风险. 研究基于离线分析的快速电网恢复工具,电网恢复控制决策等功能,根据系统当前的运行工况、开关状态、继电保护信息和安控装置信息等,结合机组特性信息,推荐备选的恢复路径组合,对恢复方案进行评估,从而形成恢复方案的建议。

2) 分布式虚拟建模技术. 对未来新加入的应用,只需通过统一数据模型接口就可以访问各种模型和数据,为应用发展提供有力支撑. 研究按照专业分布式建模,同时通过虚拟模式定义技术,把多个系统维护的模

型进行合并,通过统一接口对外提供电网完整的模型。

3)纵深安全防护技术。强化物理安全、网络安全、主机系统安全、应用安全和数据安全。研究从重点以边界防护为基础过渡到主体和客体的全过程安全防护策略,研究采用接入控制、安全存储、防病毒和行为监控等的客户端综合应用技术,引入主动防范技术;研究应用电力调度数字证书和安全标签技术^[12]。

2.7 通信信息环节支撑技术

1)通信平台。配、用户环节需要采用以太网无源光网络(Ethernet Passive Optical Network, EPON)、时分同步码分多址(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access, TD-SCDMA)等多种技术相结合的混合通信网络。交换网络采用软交换技术,逐步向下一代 NGN 网络过渡。时钟同步网采用具备双 GPS 接收机(GPS/北斗)的定时供给系统,具备多种规范的授时接口。应急指挥系统采用卫星与无线地面系统构成的天地一体、具有三维连接能力的多元化系统^[12]。

2)信息平台。构建信息安全纵深防御技术体系,建设基于 802.1X 技术的网络准入系统、基于 PKI/PMI 的统一身份认证平台、计算机桌面终端管理系统、可信计算机系统、安全移动存储管理系统、防垃圾邮件系统、边界安全检测系统、入侵检测与防护系统、网站内容过滤、防篡改系统、网络安全审计系统,实施信息安全加固,实现信息安全等级防护,构建安全运维平台,实现省级信息系统应用容灾或数据容灾,开展云计算安全、可信计算、安全操作系统、蜜罐技术、嵌入式系统信息安全、网络信任体系等信息安全技术在电力企业中的应用研究工作。

3 结束语

县级供电系统智能电网平台建设是现代电网的发展方向,但其实现将会是一个系统的、长期的工程。从最初的研究到逐步的实现,需要一个漫长的过程。同时,县级供电系统智能电网平台的建设不仅仅是一个技术问题,还需要全社会的参与。为了确保电网智能化目标的实现,必须在政策需求、管理创新、技术进步、资金落实和人才队伍建设等方面提供强有力的保障。

参考文献:

- [1] EPRI. 1009102 Power delivery system and electricity markets of the future[R]. Palo Alto, CA: EPRI, 2003.
- [2] Haase P. Intelligrid: a smart network of power[J]. EPRI Journal, 2005(Fall): 17-25.
- [3] Global Environment Fund & Centre for Smart Energy. The emerging smart grid[R]. Second Edition. Washington: Global Environment Fund, 2006.
- [4] EPRI. 1014600 Electricite de France research and development, profiling and mapping of intelligent grid r&d programs[R]. Palo Alto, CA: EPRI, 2006.
- [5] 帅军庆. 加快建设中国式智能电网[J]. 上海电力, 2009(4): 341-344.
- [6] Amin M, Schewe P F. Preventing blackouts: building a smarter power grid[J]. Scientific American, 2008(8): 60-67.
- [7] HE Guangyu, SUN Yingyun, MEI Shengwei, et al. Multi-indices self-approximate-optimal smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(17): 1-5.
- [8] XU Ning, ZHU Yongli, DI Jian, et al. Substation automation object modeling based on IEC61850[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(3): 85-88.
- [9] SCHWARZ K, EICHBAEUMLE I. IEC61850, IEC61400-25 and IEC61970: information models and information exchange for electric power system [C]//Proceedings of the Distributech. [S. l.]: IEC, 2004: 1-5.
- [10] Li Bin, Liu Tianqi, Li Xingyuan. Impact of distributed generation on power system voltage stability[J]. Power System Technology, 2009, 33(3): 84-88 (in Chinese).
- [11] Wu Lei, Yuan Yue, Ji Kan, et al. Microgrid and its application in earthquake prevention and disaster reduction[J]. Power System Technology, 2008, 32(16): 32-36 (in Chinese).
- [12] Chen Shuyong, Song Shufang, Li Lanxin, et al. Survey on smart grid technology[J]. Power System Technology, 2009, 33(8): 1-7 (in Chinese).