

智能电网调度自动化技术初探

Discussion on Intelligent Power Grid Dispatching Automation Technology

涂卫平 周华锋

TU Wei-ping, ZHOU Hua-feng

(中国南方电网电力调度通信中心, 广东 广州 510623)

摘要 结合南方电网特点,简述了智能电网发展的现状和目标,重点探讨了面向服务的一体化调度智能体系、数据服务、应用服务、节能发电调度、实时仿真平台等关键技术,研究内容对南方电网一体化调度智能系统的建设具有重要的指导意义。

关键词 智能电网,调度控制中心,能量管理系统

中图分类号:TM734 文献标志码:B 文章编号:1671-8380(2010)06-0021-04

建设高效智能电网、发展节能发电调度是当前电力工业面临的历史性机遇。目前学术界和工业界关于智能电网存在共识,即利用先进技术和智能手段拓展电源多样性、提高能源转换效率、提高电网运行水平、提升用户满意度。其最终目标是为了保障电网安全运行,满足电网“优质、经济、高效”的供电要求。

由于电网发展阶段和面临的主要问题不同,世界各国在智能电网的发展思路上具有不同的侧重点。美国注重电网基础架构的全面升级,发展大容量输电技术,同时最大限度地利用信息技术,实现计算机智能运行和管理。欧洲以发展绿色电力为核心,强调通过可再生能源的大比例利用实现整个电力工业发展模式的转变。总体来说,西方国家侧重于配电侧和用户侧的智能化和自动化。我国面临的主要任务是继续加强骨干输电网建设,解决一次能源与负荷分布不均匀的矛盾,提升能源转换效率,减少温室气体排放,同时兼顾配网侧和用户侧的信息互动^[1-3]。因此,智能电网建设是一项系统工程。

“十二五”期间,南方电网将形成“九直八交”送电通道,西电东送规模达到58.6 GW,“强直弱交”特点更显突出,电网运行特性更加复杂,对调度自动化系统的技术支撑能力提出了更高的要求。面对智能电网快速发展的机遇和挑战,调度中心一方面积

极参与公司智能电网发展的前瞻性研究,另一方面着力于一体化调度智能体系和调度运行智能化关键技术的深入研究,充分利用云南和广西调度中心新建能量管理系统(Energy Management System,EMS)以及“十二五”期间大量二次系统建设的契机,开展示范工程建设,推进调度自动化系统的标准化和智能化升级。

1 智能电网对调度自动化的新要求

作为人工建造的最复杂的系统,电网本身是一个刚性系统,电源的接入与退出、电能量的传输等都缺乏弹性,致使电网没有动态柔性及可重组性,系统自愈、自恢复能力完全依赖于实体冗余。自动化系统、信息系统、自动控制等技术的快速发展都是为了提升电网本身的柔性和智能化运行与管控能力。

近年来,EMS系统、广域测量系统(Wide Area Measurement System, WAMS)、调度生产管理系统(Dispatching Management Information System, DMS)、水调自动化系统、脱硫监测系统、在线预决策系统、信息披露平台等系统的建设和发展,丰富了电网监视和调控的手段,提升了一线调度人员驾驭复杂大电网的能力。不过,由于架构设计上的不足,各套系统在技术支撑能力上仍然具有较大的提升空间,主要体现在体系设计不统一、功能实用性不足、

标准化推广欠缺、业务导向不明确、实时仿真能力不强,同时不能应对智能电网发展带来的调度需求不确定性。

电网规模的不断扩大要求尽快解决上述电网运行和管理中遇到的难题,这也促进了“智能电网”建设目标的提出,并很快就得到了各国政府和相关行业领域专家的广泛认可与支持。

南方电网是国内唯一、世界少有的交直流并联运行的超高压、远距离、大容量互联电网。为了更好地利用能源,提高能源转换效率,加强电网网架结构,提高电网运行水平,南方电网在智能化战略中对调度提出了更高的要求。电网调度要充分利用计算机和信息技术的最新成果,加快电网调度信息化、自动化和智能化建设,研究和设计面向未来的智能电网,具备一体化、标准化和智能化特征的大电网智能调度技术支持体系,为公司的各级管理提供更加全面、及时、准确的电网运行信息,全面提高电网运行和管理的一体化和智能化水平。

1)构建统一技术支持体系。为保证电网安全、稳定和高效地运行,调度中心存在众多的业务需求,这些需求的提出推动了各套独立系统的建设和运行,各项业务系统之间不可避免地存在数据和功能上的交叉,然而,因为缺乏整体规划,在架构灵活性和设计标准化两方面的缺陷,导致快速发展的应用系统间数据共享难、相互影响大、全局安全性和集成能力不足、缺乏可以共享的统一信息编码等诸多运维难题。调度智能化要求构建全网一体化、标准化的技术支持平台,满足调度各专业横向协同和多级调度纵向贯通的需求。

2)提升调度功能实用性。电网调度运行必须始终将安全运行放在首位,同时随着行业飞速发展需要不断吸收新技术、追求创新,这导致已有系统功能实用性不足。智能电网要求进一步提升调度决策支持水平,发展柔性电网调控技术,开发更多满足调度业务发展、具备更强实用性的调度新功能。

3)加强规范化和标准化。标准化建设和运维是系统推广和互动的基础,但目前电网数据和模型都出现了不同的版本,单一数据源和独立模型不能单独满足调度整体业务需求,相互整合存在较高技术难度。调度智能化应用需要得到电网全景信息的支持,包括对数据采集的标准化整合、电网模型和信息编码体系的统一、多级调度主站和厂站的信息融合与业务流转等。

4)建立业务导向型功能规划。专业职能的划分,

将本是相互融合的电网调度业务进行了人为的拆分,导致调度自动化系统业务导向不明确。应用系统由不同专业部门分批建设,缺乏整体规划和统一的基础技术支持体系。有必要依托全网统一的技术支撑体系,规范各应用系统的接入方式和信息共享模式,实现信息在应用系统间灵活互动,以满足从调度计划、监视预警、校正控制到调度管理的全方位技术支持。

5)提升实时仿真能力。电网实时仿真和在线调控是一个长期难题,但随着电网规模的日趋复杂,经验型的调度方式面临严峻的挑战,提升大电网在线仿真和调控水平的研究迫在眉睫。调度中心需要整合现有软硬件资源,研究和建设先进的大规模高性能计算平台,提升电力系统暂态、动态、交直流混合在线仿真研究、在线安全校核,以及系统实时调控等实时功能的实用化水平。

6)应对智能电网发展新需求。智能发电、输电、配电和用电,以及节能发电调度的推进对电网调度提出了严峻的挑战。配网侧双向潮流管理、电动汽车大规模应用等带来的电网负荷波动特性变化,调度部门负荷预报和实时调控的难度进一步加大。大容量新能源电源并网带来的电源输出不稳定性和不确定性,以及如何利用这些新的负荷点进行削峰填谷,都会给运行方式的安排和执行带来挑战。南方电网属于交直流混联大电网,强直弱交的格局还在不断强化,运行方式复杂多样,电网运行和调控都对自动化系统在线稳定预警、智能分析和调控、电网自愈等功能提出了新的要求。

2 智能调度关键技术研究

智能调度的目标是适应智能电网的发展,保障电网安全,满足电网“经济、优质、环保”运行的要求。为有效组合当前有限的人力和物力资源,充分利用国内外已经或即将成熟的先进技术和标准,应按照“运行一体化、建设标准化、业务全覆盖、流程全贯通、信息全共享”的总体要求,深入分析和研究调度智能化的关键技术,推动试点工程建设,构建全网一体化运行智能系统。

2.1 一体化电网运行智能体系设计

国内主流的分层分布式调度自动化系统(SCADA\EMS)起步于上世纪90年代,系统架构沿用多年,尽管随着电网业务的发展进行了功能拓展,但基础框架并没有改变,基础框架的不足已经限制了新业务和新应用的发展。各级调度主站和厂站二

次系统的独立设计也对全网信息共享和一体化运行管理造成困难^[6]。

有必要调研 IT 技术发展的现状和技术水平,特别是要深入分析基于服务的体系(Service-oriented Architecture, SOA),开展基于企业服务总线(Enterprise Service Bus, ESB)的调度技术支撑平台的可行性研究,提出调度 ESB 的部署方案以及 ESB 横向与纵向互联方案。在调度 ESB 的基础上,建设满足电网调度需求的应用服务与数据服务,研究应用功能的服务封装和接入实现。研究 IEC61970 和 IEC61850 标准的融合技术,提出相应的数据交换、协议转换和通信选择方案,实现主站和厂站的无缝联接。理清各级调度机构的业务需求和智能调度发展的具体要求,分析南方电网调度主站和厂站一体化运行和管理的特征,完成南方电网一体化电网运行智能系统的框架设计和功能规范设计,提出面向全网推广的一体化建设规划。

2.2 应用服务

电力系统应用功能的实现是一个渐进式完善的过程,由于缺乏整体规划,各项应用功能分散在不同的系统,实现手段多样,相互融合困难,部分功能冗余。基于 CORBA 等技术构建的中间件平台采用紧耦合技术,功能的升级和复用相对比较困难。

采用基于服务的松耦合方式将能够实现调度功能的灵活配置,同时,服务的易扩展性能够满足调度功能阶段性建设的需求。在新的 SOA 体系中,传统应用,如故障分析或阻塞管理等,都被细分为多个基本模块,如调度员潮流、系统等值、最优潮流等。根据需求的不同,应用服务可以按照不同的“粒度”进行分解。应用服务之间采用标准的访问方式,实现服务对服务的调用。对于很多已有功能,可以通过底层服务总线提供的接入标准进行服务封装。

2.3 数据服务

数据是电网运行和管理的基础,确保数据的完整性、准确性、及时性和一致性是调度机构长期追求的目标,也是一体化电网运行智能系统的核心之一。目前,电网运行数据的获取和处理存在以下问题:①前置采集系统冗余且横向数据交换复杂、效率低;②部分冗余数据异构,且存在数据不一致的问题,数据融合困难;③分级调度纵向数据交换灵活性差。

基于 SOA 的数据服务,通过数据注册中心和标准的接口方式,能够解决当前调度自动化系统运行中反映的实际问题,实现纵向和横向数据一体化设

计与共享,实现运行数据融合与全息展示,支持电网设备全生命周期管理。通过采用虚拟服务技术,能够有效屏蔽数据物理存储信息,实现无差别的访问方式。通过综合数据通信和数据服务订阅机制,能够统一当前多套前置通信系统,简化前置运维流程,实现在线数据订阅和调整。

2.4 节能发电调度

我国煤炭消耗占一次能源消耗的 70%,高于世界平均水平 40 个百分点,对于能够降低化石能源消耗、节能减排的智能电网的需求非常迫切。按照规划,我国 2020 年风电、太阳能等可再生能源发电装机容量将达到总装机的 16%,2050 年将达到 30%。目前,南方电网已经充分认识到推行节能发电调度的必要性和紧迫性,相关技术支持系统陆续投入运行,如电厂脱硫实时监测系统和水调自动化系统等。但各系统独立建设和运行,功能分散,与核心 EMS 缺乏融合,还不能满足节能发电调度的业务要求。

有必要全面分析南方电网辖区能源分布特点,研究大规模可再生能源接入电网的能力和方式,从碳排放监测和优化控制、水火电优化调度和梯级水电优化调度、新能源优化调度、节能调度计划编制等多个方面,全面推进节能发电调度。

重点解决多级多维协调的节能优化调度关键技术。研究适应三公调度、节能调度、电力市场等多种调度模式,满足“空间、时间、目标”三维统一协调的节能优化调度关键技术。研究多级调度一体化的安全经济协调优化技术和方法,提出考虑各种安全约束的节能环保优化调度的数学模型,实现多级调度技术的安全校核。建立多时间尺度下考虑多预想故障安全稳定约束的机组组合和经济调度、电压稳定联合协调优化调度模型,实现安全稳定和节能环保的协调优化。

2.5 大电网智能在线仿真平台

南方电网属于交直流混联复杂大电网,运行方式多样,稳定问题突出,离线仿真计算存在模型不准确、运行方式不全面、仿真结果可参考性不强的问题;在线仿真、校核和预警功能实用化不足,统一高性能计算平台建设滞后。

应积极开展先进计算机和信息技术、仿真算法调研,研究并行计算、网格计算、云计算等关键高性能计算技术的实用水平,研究实时预警、在线模型/参数校核、实时计划编制和校验等关键技术的应用手段,开展实时仿真和超实时仿真平台的试点建设,

不断推进大电网智能在线仿真计算和辅助决策的实用化,实现调度部门从经验型走向分析型和智能型调度的重要目标。

2.6 电网运行智能决策

一体化电网运行智能系统的建设目标是为了服务电网运行,保障电网运行安全。智能体系的建设仅仅是提供了底层支持与数据基础,构建于体系之上的智能应用将能够有效提升电网运行智能决策能力。

研究智能电网运行状态的自我感知技术。通过一体化电网运行智能系统总线平台提供电网全景信息,分别分析一次设备状态、二次设备状态、电网运行状态,构建大电网运行状态专家系统。

研究大电网运行风险评估技术。运用复杂系统理论及电网运行稳定阈度量分析技术,研究交直流混联大电网安全运行风险量化分析与协调控制决策技术,实现电网运行在线综合风险评估。研究外部自然环境影响下大电网安全稳定运行风险的预警预控技术,开发自适应外部环境的大电网安全运行风险评估与控制决策系统。以全景信息为基础,提供事故前预警以及事故后数据挖掘,跨越专业界限,实现事故后智能分析,自动形成分析报告。

研究多级协调的节能优化调度技术支持系统关键技术。通过统一全网节能发电计划生成的规则和算法,建立省间优化算法实现一体化节能发电调度计划编制,开发多级调度技术的安全校核功能。建立

(上接第3页) 比例的增大(试件JT-1至3中钢圈所占长度比例为5%,JT-4至6为6.25%),初始刚度和极限刚度分别提高179%和171%。

3 结论

通过3个钢筋混凝土电杆杆身试件和6个接头试件的抗弯承载力试验研究,得到了以下结论:

1)混凝土电杆杆身和接头试件的破坏形态均表现为混凝土、钢筋的受拉破坏,但变形能力小,延性差,其类似于“少筋梁”的脆性破坏。

2)混凝土电杆受拉裂缝的开展均经历了3个阶段:未裂阶段、裂缝线性发展阶段和非线性发展阶段。

3)按裂缝宽度(0.3 mm)控制的正常使用极限状态法设计,混凝土电杆距离承载能力极限状态破坏的富余系数均值为1.3。

4)同跨度的接头试件破坏承载力较杆身试件提高的均值为15.2%,跨中挠度减小的均值为47.6%;不同跨度的接头试件,随接头钢圈所占长度的比例

多时间尺度下考虑多预想故障安全稳定约束的机组组合和经济调度、电压稳定联合协调优化调度模型,实现安全稳定和节能环保的协调优化。

3 结语

打造低碳经济和建设智能电网,为电网的再次腾飞带来动力,同时也给调度运行带来新的机遇和挑战。本文详细论述了一体化电网运行智能系统框架、应用服务、数据服务、节能发电调度、大电网智能在线仿真平台等智能调度关键技术,对即将开展的一体化电网运行智能系统的建设具有重要指导作用。

参考文献

- [1] U.S. DOE report,“‘Grid 2030’ - a national vision for electricity's second 100 years”[R],DOE,2003.
- [2] European Commission community research,“European SmartGrids technology platform - vision and strategy for Europe's electricity”[R],2006.
- [3] 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.
- [4] 钟金,郑睿敏,杨卫红,等.建设信息时代的智能电网[J].电网技术,2009,33(13):12-18.
- [5] 陈树勇,宋书芳,李兰欣,等.智能电网技术综述[J].电网技术,2009,33(8):1-7.
- [6] 张伯明,孙宏斌,吴文传,等.智能电网控制中心技术的未来发展[J].电力系统自动化,2009,33(17):21-28.

的增大,其破坏承载力提高的均值为21.5%,跨中挠度减小的均值为45.7%。

5)同跨度的接头试件初始刚度和极限刚度较杆身试件提高的均值分别为28.9%和117%;不同跨度的接头试件,随接头钢圈所占长度的比例的增大,其初始刚度和极限刚度提高的均值分别为179%和171%。

6)混凝土电杆接头试件的破坏主要是混凝土受拉破坏,而不是钢圈出现屈曲破坏,表现为钢圈承载力依然强于杆身承载力。

参考文献

- [1] GB 50010—2002 混凝土结构设计规范[S].
- [2] 卜楠,周长菖,李培林,等.钢筋混凝土电杆的老化分析及综合防治[J].山东电力技术,1998,101(3):63-65.
- [3] 黄宏,陶忠,韩林海.圆中空夹层钢管混凝土纯弯力学性能研究[J].工业建筑,2006,36(11):15-18.