

PMU 数据在控制中心的集成应用

戴则梅¹, 陆进军¹, 闪鑫¹, 徐春雷², 李汇群²

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏南京 210061; 2. 江苏省电力公司, 江苏南京 210024)

摘要:文中分析了我国电网发展过程中面临的问题,从调度运行的角度对 PMU 数据深化应用研究的项目内容和综合智能报警的设计思想及应用功能进行了详细描述。提出综合智能告警的总体架构,以信息支撑平台为基础,实现风险预警、事故分析和辅助决策,以提升调度员的在线分析和紧急事故处理能力。

关键词:PMU; 智能报警; 故障分析; 集成分析

中图分类号:TM73

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)02-0008-04

区域电网的互联有利于资源的全局配置和优化利用,但也给电网运行和控制带来了诸多挑战^[1],各个区域电网之间的联系越发紧密,电网的运行和控制面临着诸多困难和挑战。风电等间歇性新能源的大规模接入^[2,3],严重威胁电网的安全与稳定运行。2011年上半年,在西北和华北地区发生的几起大规模风电脱网事件。各区域电网之间通过交流互联,事故风险易于扩大,一旦发生事故,会快速波及全网,造成大面积的停电事故。特大型电网、大容量远距离输电、交直流互联带来的动态稳定问题同样是电网发展过程中不可回避的问题。智能电网及其调度体系的建设必须认真考虑上述问题的存在。广域测量(WAMS)系统和综合智能报警系统的建立为上述问题的解决提供了一条可行的途径。

我国 WAMS 系统的开发从 2000 年开始起步,经历了由简单的数据采集至监控、分析和保护、控制的发展阶段^[4,5],目前绝大部分网省级以上的调控中心都建立了 WAMS 系统,PMU (相量测量单元)覆盖了大部分 330 kV, 500 kV 及以上的电网,为 WAMS 及 PMU 数据的深化应用研究提供了便利。基于上述考虑,本文从调度运行的角度,对 PMU 数据深化应用和综合智能报警两个方面进行了研究,PMU 数据深化应用研究工作包括功率振荡监视和处理、电网负荷建模和参数辨识技术、风电并网运行监视、直流闭锁监视等几个方面。综合智能报警提出了总体架构,以信息支撑平台为基础,实现风险预警、事故分析和辅助决策等功能。

1 PMU 数据深化应用

研究 PMU 数据深化应用的目的是提升调度软件的智能化水平,提高调度员的在线分析和紧急事故处理能力,辅助调度员快速决策和处理事故。

1.1 功率振荡监视和处理

低频振荡是现代复杂大电网运行中常见的现象,如果处理不当会进一步发展并导致电网振荡失步。低频振荡监视和处理软件功能框架如图 1 所示,首先在线低频振荡监视功能在电网发生振荡时能快速报警,提示电网当前的主导振荡模式(频率、阻尼比等),进一步对振荡源进行分析并给出辅助决策建议,即告知调度员当前最有效的振荡处理方式,如提高振荡地区电压水平、降低机组出力和联络线输送功率、消除强迫振荡源、消除振荡谐振源等。

同时,对系统扰动后的振荡或系统中存在的小功率振荡进行模式分析,则有助于运行人员把握电网振荡的主要特征(振荡频率和阻尼比等),从而改进电网运行方式,减少低频振荡现象的出现,并及早制定振荡处理预案,做到有备无患^[6,7]。

最后对系统振荡案例进行集中管理,永久存储重要的历史振荡数据,用于离线分析和事故反演,帮助运行人员积累运行经验。功率振荡监视功能框架如图 1 所示。

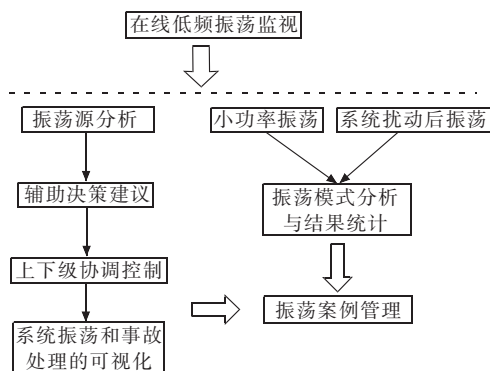


图 1 功率振荡监视功能框架

1.2 电力负荷建模和参数辨识

模型和参数是一切分析的基础,利用 PMU 采集的数据对电网的支路参数和负荷模型进行辨识,可以提高状态估计的合格率指标,提高电网稳定计算和方式研究的可信度。

支路参数辨识主要是依据线路两端或变压器端

点的 PMU 实测数据,利用 PMU 量测具有同时性、可直接采集三相电压和电流相量的优点,实现参数的在线辨识。对辨识结果进行统计性分析,可分析设备参数变化随线路负载和周围环境气温度等之间的对应关系,对于提高系统的稳定极限有帮助。

负荷模型辨识主要是依据扰动期间负荷端口的电压、电流变化关系,综合运用统计分析和总体测辨等多种方法给出最合理的负荷模型参数,并对辨识模型参数进行仿真比较,校验参数的可接受程度。对负荷模型进行辨识,可以改变以往方式计算时只能凭主观经验设置模型参数的做法,对于提高电网的实时分析和稳定计算水平非常重要。

1.3 风电并网监视

风电等大规模并网运行给电网的运行和控制带来了相当不利的影 响,今年上半年发生的几次重大风电场脱网事故即为例证。因此,加强风电场并网性能的监视和考核,对保证我国风电产业的长期可持续发展和电网的安全稳定运行极为重要。PMU 数据传输速率高达 25~100 帧/s,可对电网短路造成的低电压过程以及由于低电压穿越能力不足引起的风电机组脱网行为进行有效监视,PMU 记录的电网实际发生的风机脱网事故中,故障点的动态电压、电流曲线和全网频率曲线如图 2—4 所示。

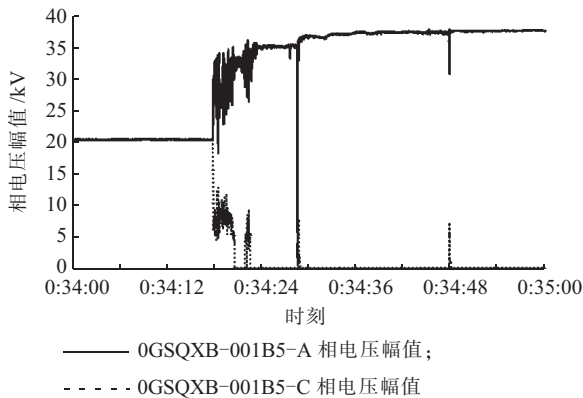


图 2 PMU 记录的风电脱网动态电压曲线

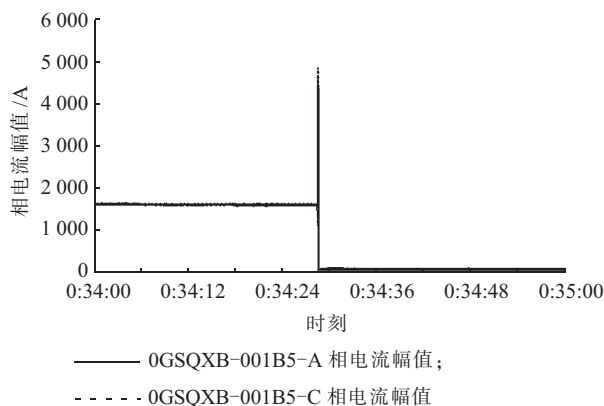


图 3 PMU 记录的风电脱网动态电流曲线

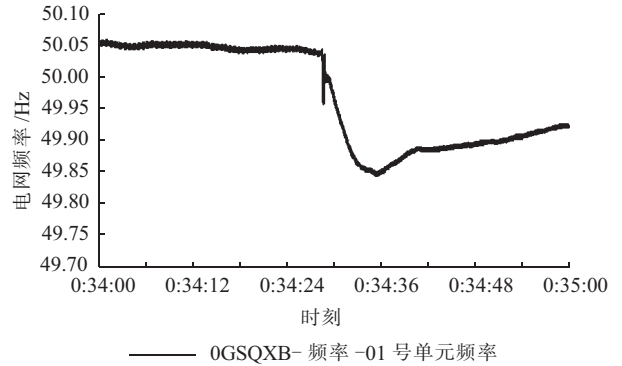


图 4 PMU 记录的风电脱网动态频率曲线

进一步根据风电场并网技术规范要求对风电场的电压、无功支撑能力、低电压穿越能力等进行考核,引导风电厂商改进风机运行控制系统以及风电场电压无功控制系统,改进风电场并网运行质量。

1.4 直流闭锁监视

由于技术水平的进步,直流输电的电压等级和容量水平越来越高,目前已经建成的向家坝—上海直流输电系统双极输送功率达 400 万 kW。一旦发生单极或双极闭锁,其后果远比单一的大机组跳闸或甩负荷更为严重,会对送端和受端的交流系统产生巨大的电压和频率冲击。WAMS 系统可以对高压直流输电系统(HVDC)的运行状态进行直接监视,并在 HVDC 发生单极或双极闭锁行为时快速给出告警(1 s 以内),提示系统运行人员检查相关的安全自动装置和稳定控制装置等的运行状态,避免事态的进一步恶化。

2 综合智能报警

2.1 整体架构

综合智能告警整体架构如图 5 所示,以信息支撑平台为基础,实现风险预警、事故分析和辅助决策。信息支撑平台将分散的数据同模型进行关联,统一的存储管理和标准化服务机制实现信息的源端维护和全局共享,从而为综合智能告警提供完备的基础数据。

综合智能告警

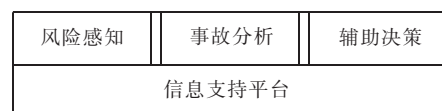


图 5 综合智能告警整体架构

风险感知侧重于事故前的风险预警,提高调度对事故风险的感知能力;事故分析侧重于事故中的在线监视,通过对短路故障、机组跳闸、直流闭锁等的在线诊断,提高调度对电网故障的综合监视分析能力;辅助决策侧重于事故后的处理措施,通过建立

在线事故分析同应用分析软件的协同处理机制,实现故障后电网运行状态的自动快速评估以及给出消除越限的措施,提高调度事故处理的应急能力。通过风险感知、事故分析和辅助决策建立了电网事故“事前—事中—事后”的全过程跟踪监视与分析。

2.2 气象风险感知

随着电网的快速发展,台风、雷电、雨、大雾等气象因素对电网安全运行的影响越来越大,根据气象预测信息,通过建立综合分析模型,给出输变电设备风险分析建议,可为制订防灾预案提供依据。台风气象风险评估系统流程如图6所示。首先通过实时接收气象监测系统提供的气象信息得到当前电网的实时气象信息,根据气象信息的路径并结合地理信息(GIS)系统得到气象可能影响的电网设备,即风险设备,将上述风险设备进一步形成预想故障集,作为静态安全分析以及在线安全稳定分析故障集的一部分,从而实现了气象风险的在线评估,便于调度事先做好应对极端自然灾害时的预案。

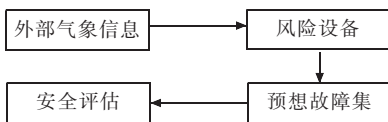


图6 气象风险评估流程

2.3 事故分析

事故分析的关键是实现电网故障的在线快速诊断。电网在线故障诊断虽然已研究多年,但受限于调度自动化技术水平的发展,以往的在线故障诊断基本上是采用单一数据源,正确性不高,难以满足调度实用化的需求。正确率不高是一直困扰电网在线故障诊断难以满足实用化的最关键因素之一。以往由于数据源的局限性,在线故障诊断基本上是采用单一数据源,使得在线故障诊断的正确率同故障时上送数据的准确性和实时性具有很大关系,而调度自动化系统由于建设周期的不同,每个厂站的自动化水平也参差不齐,因此数据的准确性和实时性很难保证都达到较高的水平,数据丢失、上送速度慢,全球定位(GPS)系统对时不准以及误遥信等现象屡见不鲜,使得在线故障诊断存在较多的漏判和误判,难以满足调度对故障判断正确率的要求。

解决在线故障诊断正确率低的方法之一是综合利用调度端的各类数据,深度挖掘短路故障的特征信息,利用信息的冗余度,实现信息的校验与补充,提高在线故障诊断的正确率。电网故障时涉及到状态量和电气量两者共同的变化。其中状态量的变化主要来自于稳态数据,包括遥信变位、事件顺序记录(SOE)信号、保护动作信号以及事故总信号等;电气量的变化主要来自于动态数据和暂态数据,包括电

压、电流的突变。两类信息来源于不同的量测装置,因此综合利用状态量和电气量进行故障判断,有利于实现故障诊断信息的补充和校验,以解决在线故障诊断的漏判和误判。尤其是PMU数据,具有采样频率高和对时准确的特点,通过实时提取三相电压、电流的突变信息,采用模式匹配的算法同故障特征信息比较,作为监测故障是否发生的标志,是在线故障诊断分析关键信息的补充和检验。

2.4 辅助决策

传统的能量管理(EMS)系统的分析软件计算大多需要调度员人工干预执行,并对结果进行分析,自动化和智能化水平较低,尤其在电网发生事故后,不能够自动跟踪电网状态发生变化,需要调度员手工触发和逐类调阅,大大增加了调度员事故处理的额外运行压力。因此需要建立在线故障诊断与应用分析软件的协同处理,如图7所示。在电网发生故障后,首先通过在线故障诊断识别出电网发生故障,然后通过在线序列控制启动相关应用进行计算,同时以故障事件为索引,整合相关应用的分析结果,形成事故处理辅助决策。上述过程实现了对故障后电网运行状态的自动快速评估,提高了调度事故处理的效率。

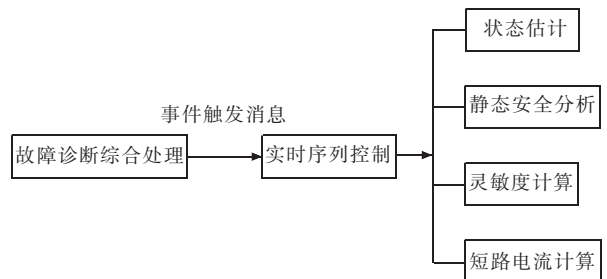


图7 辅助决策数据流程图

2011年7月,综合智能告警软件已在华北电网投入正式运行,投运以来,正确识别电网发生的数十次故障,并有效辅助调度员及时、正确地处理故障。

3 结束语

智能电网的建设对调度实时监控软件的智能化分析水平提出了更高的要求。本文结合PMU数据的特点,实现了功率振荡监视和辅助决策、电网的负荷建模和参数辨识、风电并网运行监视、直流闭锁监视等PMU数据深化应用功能,同时提出了综合智能告警的总体架构。以信息支撑平台为基础,通过风险感知、事故分析和辅助决策实现了“事前—事中—事后”,从而增强电网的实时监控和分析能力,为事故处理提供辅助决策功能,对促进电网调度分析软件由人工分析向智能型分析转化具有重要的意义,是实现我国电网智能调度体系的必然之路。

参考文献:

- [1] 刘开俊,葛旭波,王楠. 能源基地建设与特高压电网规划[J]. 中国电力, 2008, 41(1):1-3.
- [2] NB NB/T—2010, 大型风电场并网设计技术规范[S].
- [3] 张丽英,叶廷路,辛耀中,等. 大规模风电接入电网的相关问题及措施[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(25):1-9.
- [4] 罗建裕,王小英,鲁庭瑞,等. 基于广域量测技术的电网实时动态监测系统应用[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(24):78-80.
- [5] 高宗和,戴则梅,翟明玉,等. 基于统一支撑平台的EMS与WAMS集成方案[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(16):41-45.
- [6] 梁志飞,肖鸣,张昆,等. 南方电网低频振荡控制策略探讨[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(16):55-60.
- [7] 田立峰,李成鑫,刘俊勇. 电网低频振荡在线可视化监视的理论 and 实现[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(5):28-33.

作者简介:

戴则梅(1973),女,江苏江宁人,高级工程师,从事调度自动化系统高级应用软件、广域相量策略系统设计、研发和管理工作;

陆进军(1972),男,江苏泰兴人,高级工程师,从事广域相量策略系统和综合智能报警系统设计、研发工作;

闪鑫(1982),男,安徽和县人,工程师,从事电力系统故障诊断和综合智能报警系统设计、研发工作;

徐春雷(1963),男,江苏南通人,高级工程师,从事电力系统调度自动化研发和管理工作;

李汇群(1963),男,河南内乡人,高级工程师,从事电力系统调度运行和管理工作。

Integrated Application of PMU Data in Control Center

DAI Ze-mei¹, LU Jin-jun¹, SHAN Xin¹, XU Chun-lei², LI Hui-qun²

(1. NARI Technology Co. Ltd., Nanjing 210061, China;

2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: Problems in the development of China power grid were analyzed in this paper, From the viewpoint of dispatch and operation, the project of intensive application of PMU data and the design idea and application function of integrated intelligent alarm were described in detail. The overall framework of integrated smart alarm was proposed, which was based on information supported platform, to achieve risk pre-alarmed, fault analysis and decision support, and then improve dispatchers' online determining and emergency incident handling capabilities.

Key words: PMU; intelligent alarm; fault diagnosis; integrated analysis

(上接第7页)

作者简介:

周霞(1978),女,江苏海门人,高级工程师,从事电力系统安全稳定分析与控制研究工作;

罗凯明(1978),男,贵州惠水人,工程师,从事电力系统安全稳定分析、调度运行工作;

李威(1976),男,江苏徐州人,高级工程师,从事电力系统安

全稳定分析与控制研究工作;

李琳(1987),男,湖南长沙人,硕士研究生,从事电力系统安全稳定分析与控制研究工作;

周磊(1982),男,山东泰安人,工程师,从事电力系统安全稳定分析与控制研究工作;

罗剑波(1962),男,江苏泰州人,研究员级高级工程师,从事电力系统安全稳定分析与控制研究工作。

Analysis on Adaptability of UFLS & UVLS Scheme in Jiangsu District Grids

ZHOU Xia¹, LUO Kai-ming², LI Wei¹, LI Lin¹, ZHOU Lei¹, LUO Jian-bo¹

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China;

2. Dispatch Center, Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: Based on the investigation and discussion of district power grid under-frequency and under-voltage load shedding scheme, this paper pointed out that Jiangsu district grids exist problems of serious power shortage and local isolated network under extremely serious chain faults with leveling and districting operation characteristics. Through checking adaptability of Jiangsu district power grid UFLS & UVLS scheme, improvement suggestions of UFLS & UVLS scheme in Jiangsu district power grid was proposed. Finally, considering of UHV grid interconnection, close electric connection, large proportion of power reception, and uncertainties of new energy output in the future, future research direction for setting under-frequency and under-voltage load shedding scheme is prospected.

Key words: under-frequency and under-voltage load shedding; district grids; frequency security; voltage stability