

综合智能可视化告警与 WAMS 一体化 应用的研究与实现

温丽丽, 赵静, 郭亮

(国网四川省电力公司, 四川成都 610041)

摘要: 电网设备故障时, 调度自动化系统各应用功能推送出大量的告警或分析信息, 如何提取重要监视数据, 直观表达核心故障是提高系统应用价值的重要途径。综合智能可视化告警应用基于告警合并、关联事件推理、告警规则智能筛选等关键技术, 有效整合、挖掘电网设备告警信息, 并以可视化智能方式准确定位故障。基于动态数据变化特征故障诊断技术, 优化 WAMS 扰动识别告警策略及参数设置, 提升 PMU 装置动态数据质量, 有效提高设备故障识别正确率, 为调控生产提供了准确可靠的技术支撑手段。

关键词: 综合智能可视化告警; WAMS; 在线扰动识别; PMU 动态数据质量

Abstract: When equipment failure occurs in power grid, every application function of dispatching automation system pushes out a large number of alarms or analysis information. How to extract important monitoring data and intuitively describe core failure is an important way to improve the application value of the system. Integrated intelligent visual alarm is based on some key technologies, such as alarm merging, related event inference, intelligent filtering of alarm rules. It can achieve the effective integration and mining of alarm information for power grid equipment, and can accurately locate the fault in a visual and intelligent way. Based on fault diagnosis technology of dynamic data feature, the alarm strategy and parameter setting of WAMS disturbance identification are optimized, and the dynamic data quality of PMU is promoted so as to effectively improve the accuracy of equipment fault identification, which provides an accurate and reliable technical support for dispatching control.

Key words: integrated intelligent visual alarm; WAMS; on-line disturbance identification; dynamic data quality of PMU

中图分类号: TM73 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)06-0063-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.06.015

0 引言

随着特高压电网的不断发展, 四川电网已从局部电网跃升为北联西北、东送华东、南接南网, 特高压交直流混联运行的枢纽电网。一次电网的迅猛发展对调度自动化系统提出了更高要求, 需要调度自动化系统提供准确的信息服务和可靠的分析决策支撑。

文献[1]综合分析智能电网和电网调度的发展状况, 提出“以调度员思维模式为框架, 以可视化界面为功能模块, 以互动计算为系统核心”的智能调度构架, 指出了在人机一体化协同决策模型、数据融合、态势可视化等领域需要解决的关键技术问题。文献[2]提出基于虚拟中心数据库的多数据源综合智能电力系统动态监视平台, 该平台基于虚拟中心

库实现不同应用系统的界面统一和数据共享, 而不需对数据进行大量的转移和复制。文献[3]阐述了基于 WAMS 量测数据和模式识别方法进行电网扰动和操作类型识别的过程, 主要包括基于联络线的扰动和操作区域判定、WAMS 量测数据的预处理、模式特征的提取以及模式匹配。文献[4]建立了 PMU 装置测试与评估综合系统, 包括测试平台、测试方法和评价体系, 提出专门的静态和动态性能测试方法和测试程序。

智能电网调度控制系统将调控中心原十大系统整合为一个基础平台、四大类应用, 但由于一体化特点, 电网设备故障时, 各应用推送出大量离散的告警或分析信息, 对调度员造成一定困扰, 延误事故处理。首先介绍了基于智能电网调度控制系统一体化平台(D5000)的综合智能可视化告警应用关键技术, 通过告警智能合并、关联事件推理、告警规则筛

选等技术手段,汇集和分析处理各类告警信息,并以形象直观的智能可视化方式提供全面综合的告警提示。其次,WAMS应用作为其重要告警来源,通过优化在线扰动识别策略,提升PMU装置动态数据质量等方式提高设备故障识别正确率,效果显著,有效提高了电网安全预警水平。

1 综合智能可视化告警

为了更好地为大运行体系“调控一体化”建设提供坚强技术支撑,基于智能电网调度控制系统D5000平台,建设了综合智能分析与可视化告警应用,为调度员提供更加可靠和直观的电网故障处理辅助手段^[5],有效提高电网安全运行水平。

1.1 结构框架

综合智能可视化告警应用综合分析和处理电网运行稳态监控、WAMS在线扰动识别、二次设备在线监视与分析、设备集中监控、变电站告警直传等应用提供的电网一、二次设备告警信息,判断出更加准确、智能的综合告警信息,实现电力系统在线故障诊断,并以形象直观的可视化方式展示分析结果,给调度员以准确、及时、简练的告警提示。

该应用包含了告警信息综合处理、告警智能分析与推理、可视化展示和数据输入输出等功能模块。

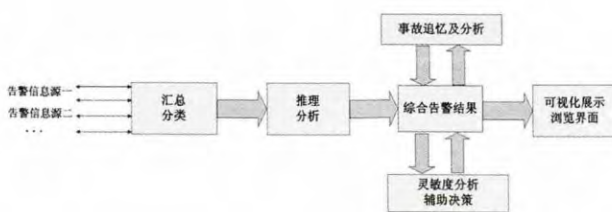


图1 综合智能可视化告警结构框架

1.2 关键技术

1.2.1 应用告警智能合并

对于一次电网故障,多个告警源将各自的告警信息发送给综合智能可视化告警,按照故障时间和设备关联情况进行合并处理,提供给调度运行人员一条综合告警信息,内容涵盖了各应用发送的告警内容。

合并处理功能支持同一线路的交流线段与交流线段端点的合并、直流系统两侧换流器的合并、设备(发电机、母线、变压器、线路)与相关开关的合并等。合并过程中,按各应用的优先级更新综合告警

信息中的故障描述、发生时间、故障性质、故障相别等,保证了综合信息的完整性和正确性。例如:电网发生母线跳闸故障,系统原来的告警方式是将所有与母线相连开关的遥信变位、SOE、保护动作信号等诸多告警信息罗列展示。而该应用依据故障时间、拓扑关联、信号优先级,实现了设备与开关的合并,即只推送一条告警信息:X母线故障跳闸。

1.2.2 关联事件智能推理

当电网发生故障时,每个应用系统都能从不同角度检测到电网的变化^[6],然后将其中的异常情况用告警的方式发送到综合智能可视化告警,主要是设备故障、系统异常、系统故障类告警。

通过共享系统平台和基础应用提供的公用模型、数据等信息,基于离散告警事件的推理,可对同一段时间内不同告警事件综合归纳,根据各个告警事件的关联信息,如开关遥信变位、事故总和相关保护信号,进行综合分析判断,验证出是否发生故障。

1.2.3 告警规则智能筛选

根据同一个时间段内各个应用对电网故障描述的一致性程度和每个应用对各类故障的不同敏感度,提供告警信息规则库,用于存放告警信息处理分析的规则和各个告警源的可信度及可信度限值。

以稳态监控、WAMS扰动识别、二次设备在线监视与分析、变电站集中监控等应用的数据作为判断依据,计算综合告警的可信度数值,如果结果大于阈值,认为可信,推出告警;否则,认为不可信,存储到商用数据库中,从而实现对电网故障的准确告警。

1.2.4 告警触发智能联动

传统的调度自动化系统各应用模块之间的关联性较弱,通常以固定周期进行分析、计算。综合智能分析与告警实现了在电网故障时,各个应用模块之间的智能联动。某类事件发生时,通过控制序列的方式启动关联应用模块,及时触发相关分析计算,为下一步决策提供可靠依据。

1.2.5 告警信息统一智能展示

汇集和分析处理各类告警信息,并进行分类管理,对不同需求形成不同的告警显示方案,从故障信息中分析出诸如故障类型、设备、位置等准确信息,利用形象直观的方式提供全面综合的告警提示。

1.3 可视化智能告警展示

基于统一的可视化平台^[7],综合展示电网稳态、动态、暂态安全的监视、分析、预警和智能辅助决

策信息。以基于地理信息的全景潮流图为基础,以厂站图、表格图、树状图、曲线图等画面为补充,以闪烁、高亮、区域等高线、饼图等可视化效果为手段,全方位、多层次展现告警结果及相关信息。可视化智能告警界面主要由全景地理图、设备的状态及主要量测值,以及各告警源的详细信息组成。设备故障类告警主要包括发电机、母线、变压器和线路的事故跳闸。

以线路故障跳闸告警界面为例,主画面为已定位到故障位置的电网动态全景地理潮流图。利用挂牌、闪烁、高亮、区域等高线等可视化手段,清晰展现告警发生的地理位置。

左上方为综合告警信息,包括故障设备名称、故障时间、故障相别、故障性质等信息,显示内容与该条告警的数据来源有关,如果该条告警只有稳态监控一个来源,则故障相别、性质、测距等信息不会显示。

左下方为各个告警源发送的告警详细信息,包括来自稳态监控的遥信、SOE信息,WAMS在线扰动识别信息,以及二次设备在线监视的保护简报。来自不同应用的告警信息内容不同,可以进行的操作也不同。动态监视的告警信息可以调用故障设备的PMU曲线;录波的告警信息显示录波简报内容,并可以调用录波曲线;告警直传显示变电站侧故障告警信息。

通过左下方的标签页,可以切换到关联告警和调度策略页面,关联告警页面显示与该故障相关的越限信息和突变信息,调度策略页面显示针对该故障的灵敏度分析结果。右下方包括故障前后的系统潮流变化分析,以及故障厂站主接线图。

2 WAMS 在线扰动识别

将WAMS应用机组跳闸、线路短路等告警信息实时传送给综合智能可视化告警模块,基于动态数据变化特征故障诊断技术,不断优化完善告警策略及参数设置,实现对故障相别和重合闸动作的准确判断,提高了电网一次设备的故障识别告警正确率,有效提升了WAMS系统实用化水平。

WAMS在线扰动识别功能对PMU采集的实时动态数据进行特征提取,与表征不同扰动类型的特征进行匹配,以确定电网发生的扰动并告警^[8]。

2.1 短路扰动识别

短路扰动识别根据PMU量测的三相电压和三相电流相量,提取表征短路扰动的特征信息,对短路故障的类型、相别、重合闸类型、重合成功与否等信息进行在线识别,并发出告警。

曲线特征法,包括以下3个必要条件:

- 1) 故障前电压、电流均处于正常数值范围;
- 2) 发生故障时有较大冲击电流且大于阈值;
- 3) 短路期间有电流归零,电压较正常运行时有明显降低。

2.2 重合闸识别

传统EMS系统只能获取开关和保护装置动作状态,WAMS在线短路扰动能推断短路的时间、相别、重合闸类型以及成功与否,帮助调度员及时了解开关动作的原因及故障状态,从而辅助调度员做出正确的安全稳定控制决策。

2.2.1 重合闸相别

1) 单相重合闸单相短路故障,故障相有低电流,其他相无低电流。

2) 三相重合闸:单相短路故障,故障相和其他相均有低电流。两相或三相短路故障,故障相有低电流。

2.2.2 重合闸动作情况

1) 未重合闸:故障相无正常负荷电流,且未出现电流突变。

2) 重合闸成功:故障相有正常负荷电流,且未再次出现电流突变。

3) 重合闸失败:故障相有正常负荷电流,且再次出现电流突变。

2.3 机组出线跳闸识别

机组出线跳闸识别根据PMU量测的机组电流相量、有功功率,监视机组停机情况,并区分故障跳闸停机和和其他停机情况,对故障跳闸情况发出告警,主要包括以下功能:

- 1) 识别发电机停运情况;
- 2) 通过有功功率变化过程判断机组停机是否属于出线跳闸引起的停机;
- 3) 对可能产生的电磁感应导致的电流残值进行过滤,避免因残值造成发电机停机误判;
- 4) 触发长期保存故障时刻历史数据。

本功能使调度人员及时掌握由于线路跳闸引起的发电机非正常停机故障,从而采取合理的电网控

制措施。

3 PMU 动态数据质量

同步相量测量装置(PMU)具有毫秒级的数据刷新率且全网同步,可直接获得表征电网同步运行特征的相角信息,成为大区互联电网动态过程监测、分析的基础,在电力系统得到广泛应用与推广^[9],是 WAMS 应用分析、预警的基础。

目前,四川电网共接入 PMU 子站 132 个,设备投运时间小于 3 年占 53.4%, 3~5 年占 39%, 6~10 年占 7.6%。运行中主要存在信息接入不完整、设备命名不规范、TA 变比等配置参数不正确、回路接线错误、时钟对时异常等问题,严重影响电网动态数据质量,因此关于 PMU 装置动态行为规律及其性能评估的研究尤为重要。

为确保 PMU 信息及时、准确、可靠地反映电网运行状态,提出了同步相量测量装置(PMU)现场检验方案,规范 PMU 信息的接入,核查 PMU 量测数据的完整性和正确性,全面检查配置参数、测量回路接线、通信表及转换系数等内容,确保电网运行动态数据的可靠采集和使用。

3.1 现场检验范围

同步相量测量装置(PMU)数据集中处理器、采集单元、对时设备、网络设备及通信链路、装置测量回路接线等。

3.2 现场检验项目

从时钟同步性、光纤通信链路、以太网通信链路及内网交换机、二次回路、PMU 设备功能、静态精度、装置接线、信息配置和定值整定等方面,对 PMU 装置及其测量数据进行质量分析,重点对 PMU 装置运行稳定性、对时准确性、数据通信可靠性进行分析,发现问题及时整改。

现场检验需要进行的试验项目如表 1 所示。

3.3 关于 PMU 时钟同步问题的探索

以协调世界时间或世界标准时间(UTC)为基准进行同步采样并转换而得的相量称为同步相量。电网同步相量之间的相位关系反映了电网相应交流电气量的实际相位关系,因此 PMU 装置时标的准确性非常重要^[10]。

目前,智能变电站 PMU 装置^[11]采用站端统一时钟同步系统 IRIG-B 码等单向时间信号提供的

同步信息,因此验证 PMU 装置时间信号的准确度、精度和稳定度是确保动态数据可靠性的重要基础^[12]。

表 1 PMU 现场检验测试内容

序号	测试内容
1	外观检查
2	时钟同步性检查
3	光纤通信链路检查
4	电压回路检测
5	电流回路检测
6	电源回路检测
7	直流输入量回路检测
8	通道配置功能检查
9	实时记录功能检查
10	触发录波功能检查
11	离线数据召唤功能检查
12	静态精度测试
13	信息配置和定值整定检查
14	现场和主站系统联调

下一步工作中将深入研究 PMU 装置时间同步监测功能技术要求,实现对时钟接口状态、对时服务状态、时间跳变侦测状态等的在线监测,切实提高电网动态监视基础数据水平。

4 结 论

智能电网调度控制系统是电网运行监视与控制的重要技术支撑平台,该系统包含 52 个应用模块,电网设备故障时不同应用推送出大量的告警或分析信息,对调度员造成困扰。所提出的综合智能告警功能为各个监视和分析应用提供统一集中的信息输出接口,有效整合、挖掘电网设备故障信息,并以可视化智能告警方式准确定位故障。WAMS 应用作为重要告警源,通过优化在线扰动策略,提升 PMU 装置动态数据质量等方式,实现对故障相别和重合闸动作的准确判断,并推送至综合智能告警,直观表达核心故障。目前,该成果已成功应用于国网四川省电力公司电力调度控制中心,实现了 220 kV 及以上电网故障告警向华中分中心实时推送的功能,为调度安全生产提供了灵活坚强的技术保障。

参考文献

[1] 刘俊勇,沈晓东,田立峰,等. 智能电网下可视化技术的展望[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(1): 7-13.

[2] 段刚,杨东,吴京涛,等. 综合智能电力系统动态监视平台及其应用[J]. 电力科学与技术学报, 2011, 26(2): 21-26.

[3] 周宏,李强,林涛,等. 基于 WAMS 量测数据的电网扰动和操作类型识别[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(2): 7-11.

[4] 张晓莉,周泽昕,张道农,等. 同步相量测量装置的测试与评估[J]. 电力科学与技术学报, 2011, 26(2): 31-36.

[5] 杨洪耕,明娇,代海波. 地区电网智能告警系统的实现[J]. 电力系统及其自动化学报, 2011, 23(2): 105-109.

[6] 王尔玺,童渊,关杰. 上海电网调度智能告警应用研究[J]. 华东电力, 2012, 40(5): 779-782.

[7] 沈国辉,孙丽卿,游大宁,等. 智能调度系统信息综合

可视化方法[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(13): 129-134.

[8] 宋晓娜,毕天姝,吴京涛,等. 基于 WAMS 的电网扰动识别方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 24-28.

[9] 毕天姝,刘灏,杨奇逊. PMU 算法动态性能及其测试系统[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(1): 62-67.

[10] 贺春,任春梅. 相量测量单元综合矢量误差指标分析[J]. 电力系统自动化, 2012(4): 110-113.

[11] 许勇,张道农,于跃海,等. 智能变电站 PMU 装置研究[J]. 电力科学与技术学报, 2011, 26(2): 37-43.

[12] 童旭,王珮璐,孙雅平. 智能变电站时间同步系统在线监测技术的研究[J]. 华东电力, 2012, 40(12): 2184-2186.

作者简介:

温丽丽(1982), 硕士, 从事电网调度自动化工作;
赵静(1982), 博士, 从事电网调度自动化工作;
郭亮(1982), 硕士, 从事电网调度自动化工作。

(收稿日期: 2015-08-14)

(上接第46页)

光纤温度传感器安装在开关柜内的高压设备上,实现对高压设备运行温度的准确测量;然而,光纤具有易折、易断、不耐高温等弱点,要在结构紧凑的开关柜内布线难度较大,若光纤运行时间久积累灰尘后导致光纤沿面放电,有引起开关柜发生内部短路的危险。此外,光纤测温系统配置元件成本较高,系统投资相对较大。

4) 无线测温: 无线测温是最近几年开始推广的测温方法,它也是一种直接接触测温法。采用将感知温度的测温元件——温度传感器紧贴在被测物体表面,与被测物体为高电位工作,接收模块处于低电位工作,两者之间采用无线通讯传输数据,两者之间彻底物理隔离,绝缘水平满足规程要求。传感器安装简便、方案可行,且不会破坏原开关柜结构(如解体开关柜部件、在母线上打孔等),不会影响原开关柜性能(如绝缘水平、安全距离、动稳定性、热稳定性、散热功能等)。目前,国内已广泛采用无源无线测温,无源无线测温系统采用的传感器无需电池(电源)驱动,从而提高了系统的可靠性、安全性,由于无需考虑功耗,因此在数据提取频次上也可不受限制,可以实现不间断在线监测;同时没有了电池更换带来的维护成本和停电损失,保证了对外供电可靠性不受影响。无源无线温度传感器自身体积小,可根据需要制成多种样式,因此传感器可以不受封闭式开关柜紧凑结构的影响,能够方便地安装在开关柜母线 T 接点、断路器手车触头等狭小的电气节点中,直接接触设备测试其温度,因而其测量精度较高。

2.3 小结

通过上述分析,不难看出,采用无线传感器技术的无线测温法在安全性、可靠性、环境适应能力强等方面拥有其他测温法无法比拟的优点。特别是近年基于声表面波技术的无源无线测温技术的发展,无线测温技术可以在高压开关柜内高电压、大电流、强磁场的环境下实现对触头的高精度、高稳定性的测量;且易于构成分布式测温系统对所有触头、引线等温度点进行实时在线式监测,因此是更加适合封闭式高压开关柜温度监测的技术手段。

3 结论

造成封闭式高压开关柜过热的原因很多,通过加装无线测温装置等技术手段,实时掌控开关柜内部元件特别是手车触头等元器件结合部的温度状况,提前发现封闭式高压开关柜的过热异常状况;提前采取检修措施,对防范过热故障导致封闭式开关柜损毁等事故发生,保证电网安全稳定运行具有重要的现实意义。

参考文献

[1] 许伟琳. 高压开关柜的故障类型及其处理措施初探[J]. 科技资讯, 2010(27): 39-41.

[2] 尚丽. 电气设备接头发热原因的分析及处理[J]. 大众用电, 2002(10): 26-27.

[3] 许一声,顾霓鸿. 高压开关柜触头温度在线检测仪[J]. 高压电器, 2005, 41(2): 139-140.

(收稿日期: 2015-07-31)