

DOI: 10.7667/PSPC151985

大运行模式下面向监控的分布式智能告警架构设计

张永刚¹, 庄卫金¹, 孙名扬¹, 吴奕², 朱海兵²

(1. 中国电力科学研究院, 江苏 南京 210003; 2. 国网江苏省电力公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 为解决“大运行”模式下电力设备集中监控面临的基础信息结构化程度低、告警信息量巨大和智能分析水平不足等问题, 研究了面向设备监控的智能告警。提出从子站到主站全过程的分布式解决方案。一方面通过变电站的数据预处理模块实现了监控信息的冗余校验、关键信息提取和快速可靠上传。另一方面通过调控中心的智能分析模块实现了监控信息的整合、推理和分层故障诊断, 在快速变化的实时监控告警信息中准确捕捉到一次设备的故障或异常。

关键词: 分布式告警; 智能告警; 故障诊断; 设备监控; 事故简报

Architectural design of distributed intelligent alarm application for equipment monitoring in the “large operation” mode of State Grid

ZHANG Yonggang¹, ZHUANG Weijin¹, SUN Mingyang¹, WU Yi², ZHU Haibing²

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

2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210000, China)

Abstract: To cope with the problems and challenges brought up by undeveloped structural monitoring information, large amount of alarm messages and insufficient intelligence on fault diagnosis capability in the “large operation” mode of State Grid, this paper researches intelligent alarm for equipment monitoring, proposes a distributed solution involving alarm processing at both substation and control center, in which functions like redundancy check for alarm information, key alarm extraction as well as fast and reliable alarm transmission are realized by adding data preprocessing module in substation side, and knowledge-based hierarchical fault diagnosis is achieved by integrating, analyzing and extracting abundant alarm information in control center, thus to accurately capture equipment fault or abnormality from rapidly updated real-time monitoring information and alarm messages.

Key words: distributed alarm; intelligent alarm; fault diagnosis; device monitoring; brief fault report

0 引言

近两年来, 随着“大运行”体系建设, 变电站综合自动化率大幅提高, 各级调控中心集中监控规模迅速扩大, 电网运行管理安全压力显著增加。由于监控业务在调度系统开展时间较短, 监控专业技术基础和支撑能力不强, 突出表现在对告警信息的处理分析上, 对监控人员工作效能带来较大影响。对设备监控人员而言, 目前及未来相当长一段时期面临工作任务重、安全责任大、岗位压力大的形势, 迫切需要从变电站和调控中心两端统筹考虑监控信

息告警处理, 提高变电站综合自动化系统以及智能电网调度技术支持系统中智能告警模块对设备监控业务的支撑能力。

目前关于监控设备智能告警的研究和应用主要集中在调控中心集中式诊断和变电站本地诊断两个层面^[1-6], 变电站故障诊断系统主要应用于变电站自动化系统, 调度中心集中式故障诊断主要应用于调控中心电网调度技术支持系统。

在变电站故障诊断方面, 文献[7]利用事例与规则的混合推理实现变电站级故障诊断, 文献[8]提出一种基于粗糙集理论和神经网络模型的变电站故障诊断方法, 文献[9]建立专家系统实现变电站级的事件分析和智能报警, 有关这方面的文献浩如烟海, 在一定程度上促进了变电站故障诊断技术的发展, 为

基金项目: 国家电网公司科技项目“大运行模式下面向设备监控业务应用关键技术研究与应用”

从全网层面实现设备监控智能告警奠定了基础。在调控中心集中式故障诊断的研究方面, 虽然有关算法和实现方法的研究很多^[10-14], 但是功能的实用性一直不理想, 这与调控中心信息的先天不足有关。为了降低信息传输量, 变电站内大量与报警密切相关的继电保护信号、故障录波信号和设备在线监测信号, 并未实时传输到调控中心, 调控中心通常只能利用 SCADA 系统中 SOE 记录的主保护和断路器动作事件来做判断, 再加上报警信息可能出现误报缺失等情况, 经常无法确定报警的真正原因, 已成为困扰调控中心多年的难点问题之一。

由于调控技术支持系统集中式体系架构的弊端日趋明显, 迫切需要开展分布式智能告警的研究, 通过加强调控中心与变电站间信息的交互和协同处理, 解决集中分析模式在系统规模快速增长下面临的问题。一方面深度挖掘变电站侧数据信息, 包括开关、保护动作信号, 故障录波数据等信息, 在变电站侧实现告警信息的分析、筛选和提炼, 将分析得到的故障简报实时上送调控中心侧; 另一方面在调控中心侧根据各个变电站的告警信息, 进行全局协调的故障诊断, 实现变电站—调控中心两级分布式在线智能告警, 显著降低调控中心侧的数据传输压力, 有效提高在线故障诊断的可靠性和准确度。

1 分布式告警体系架构

本文提出的面向监控的分布式智能告警架构采用“分布、自治”的总体技术思路, 将“集中式的调控主站智能告警”变革为“变电站—调控主站两级分布式的智能告警”, 利用变电站内实时信息高度冗余的优势, 进行故障信息预处理、保护拒动误动辨识和误告警处理, 从而将告警信息以准确、精练的方式上送给调控主站, 避免主站收到大量的原始告警信息, 提升了电网故障处理速度。图1所示为大运行模式下面向监控的变电站—调控主站两级分布式智能告警体系。

变电站级智能告警应用功能从监控系统、继电保护和设备在线监测系统的信号中, 实时提取和分析与告警有关的信息。针对告警信息的时序特性, 利用设备故障与保护、断路器动作之间的时间约束关系, 提取直观反映故障演变过程的故障事件链, 同时辨识出断点告警、错误告警和缺失告警。其中, 变电站设备模型以文件为基础, 只需要在新建或改建变电站时建模一次。变电站智能告警的分析结果和输出信息通过调度数据网实时传输到调控主站, 调控主站对各变电站智能告警信息进行综合分析后, 从整个电网角度, 给出最终的事故原因和综合

告警信息, 提供给调度员。

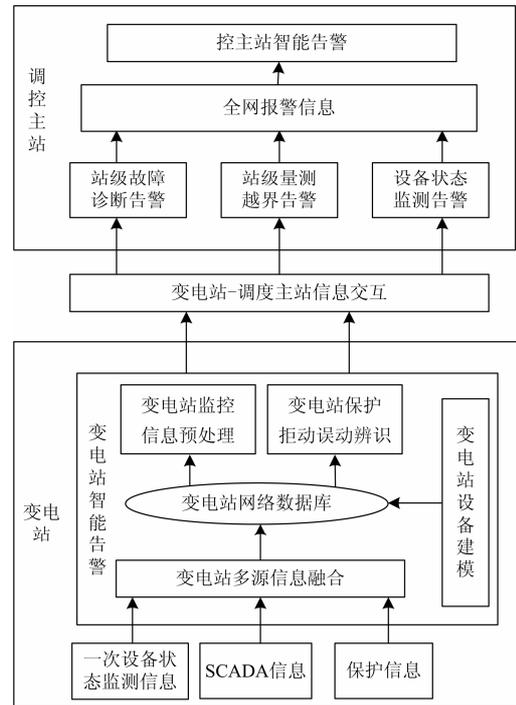


图1 变电站—调控主站两级分布式智能告警

Fig. 1 Substation and dispatching & monitoring main station distributed smart alarm

与传统集中式的智能告警体系相比, 分布式智能告警具有如下优点:

1) 变电站智能告警方面

通过变电站侧的快速故障诊断, 实现变电站级的告警, 避免将全部原始数据送达到调控中心后再进行告警, 显著减小数据通信量, 显著提高告警实时性; 另外, 通过充分利用变电站本地丰富的告警信息, 可大幅消除诊断和告警的不确定性, 找到故障的真正根源。

2) 调控主站智能告警方面

在调控中心侧综合利用各个变电站的诊断与告警结果, 结合网络一次和二次的关联关系, 基于多种智能分析算法, 实现全局协调诊断与告警, 显著提高电网故障诊断与告警功能的实用性、准确性和实时性, 可以为调度运行人员及时发现故障、快速处理故障提供智能辅助决策, 具有广泛的应用前景。

3) 分布式智能告警通信方面

分布式智能告警主站与子站间数据传输可采用 DL476/104 协议进行通讯, 部署在变电站的告警图形网关采用 DL476/104 协议的字符串数据块分别与变电站监控系统和主站端进行告警信息传输。对于重要等级高的告警及事故简报可采用子站主动上送

的方式,对于主站侧收到的事故告警,可通过事故详细信息召唤获取子站端多源告警信息或通过远程浏览查看相应子站的监视图形。

2 变电站智能告警

作为智能变电站典型应用之一,现有智能告警模块实现了告警信息分类,变电站运行状态实时分析和推理,异常事件报告和处理意见推送等功能,然而大多数变电站尚未实现信息分级上送,与主站智能告警间缺少信息交互,智能化程度有待提高。

在本文提出的分布式智能告警框架下,可按图2所示部署变电站智能告警应用,将智能告警软件部署在图形网关机,图形网关机接入变电站站控层网络,接收变电站IEDs(Intelligent Electronic Devices)装置发送的MMS(Manufacturing Message Specification)报文并形成分布式智能告警数据接口文件,智能告警处理模块解析文件并处理形成重要告警或事故简报,通过476标准规约的传输功能模块上传到调控主站。

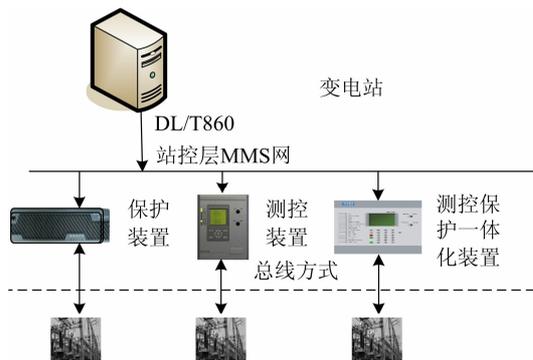


图2 变电站智能告警应用部署图

Fig. 2 Deployment diagram of substation smart alarm application

2.1 变电站故障信息预处理技术

采用变电站现阶段数据规划的规范化数据信息内容,结合IEC 61850一次设备和二次设备统一模型,在变电站部署智能告警功能,以原始监控信息为输入,在故障情况下,经分析推理得出简洁明了的事故原因结论,以便值班人员快速准确判断变电站设备运行状态和故障原因,同时提供符合主站侧要求的事故简报。

利用站内实时的冗余量测信息(包括母线、支路的三相量测),结合变电站状态估计功能进行数据一致性检测,提供输出信号的真伪辨别和信息识别后的更正,从而提高伪信号状态下的智能告警的准确性。

通过对变电站运行过程中出现的告警抖动、瞬时告警、过时告警、冗余告警等无效告警和误告警

信息的发生原理、机制和特点等进行研究,分析这些信号的历史趋势,采用遥信频度分析、遥信变位和遥测变化联合判断等方法,可辨识出无效和误告警信号,滤除运行监控系统出现的无用告警信息,减少无效告警和误告警信息对运行人员的干扰,同时减轻主站端的通信压力。

2.2 保护拒动误动辨识技术

二次设备(继电保护及安全自动装置)发生故障或整定值选取不当,可能使其误动或拒动,从而扩大系统故障范围。通过模糊评估法及多源信息融合诊断法可实现保护拒动、误动辨识^[15-16]。

a) 模糊评估法

保护动作正确性的模糊评估方法为,根据电网的故障情况、二次设备和主设备之间的配置关系以及二次设备的属性,在判断出故障设备的情况下,利用故障设备反方向分析应动作的保护,将应动作的保护同实际动作的保护信息进行比较分析,进而评估其动作正确性。具体评估依据如下:

- 1) 若某个设备故障且保护该设备的保护装置动作了,则认为该保护正确动作。
- 2) 若某个设备无故障且保护该设备的保护装置动作了,则认为该保护误动。
- 3) 若某个设备故障且保护该设备的保护装置未动作,则认为该设备保护拒动。

b) 多源信息融合诊断法

在厂站端,可通过数据文件接口较轻易获取开关变位信息、SOE信息、PMU录波信息以及故障录波信息。在进行保护动作正确性辨识时,首先利用开关变位信息和SOE信息进行判断,获取可能拒动、误动的元件集合;然后,针对候选元件集合中的元件召唤相关的录波器录波数据文件,获取与候选元件相关的故障录波器、PMU量测点的电气量录波信息,利用该信息对候选元件的动作正确性进行校验。由于电网故障时电气量的变化先于保护、断路器等动作,且电气量数据可靠,完备性、容错性较好,因此,合理利用电气量可有效实现保护拒动、误动辨识。

3 变电站与调控主站的信息交互

传统交互方式下,调控主站只是被动接收变电站上传的原始测控及保护信息,一方面使设备故障情况下主子站间通信压力过大,主站信息处理及监控难度剧增,另一方面使变电站内更加丰富的数据资源得不到有效利用。因此,如何实现变电站信息就地高效处理,并根据主站监控需求实现主子站信息灵活交互,成为实现分布式智能告警的关键。

图 3 所示为本文所提出的主子站信息交互方案, 保留了原有测控信息上传通道, 并在变电站告警图形网关与调度前置网关间建立一条双向的监控信息传输与控制通道, 使变电站能够在设备正常、异常以及故障情况下向主站上传不同重要等级的监控信息。变电站智能告警功能模块部署在变电站告警图形网关服务器上, 当变电站内发生设备故障时, 变电站智能告警模块根据告警重要等级和上传配置对告警信息进行过滤并向主站上传, 默认设置为发送故障简报; 当变电站内设备运行正常时, 默认上传重要等级比较高的遥信变位以及保护动作等告警信息。告警图形网关以告警直传的方式发送告警, 主站端可根据监控需求对变电站端上传告警重要等级进行远程维护, 并可以命令的形式召唤某些故障的详细信息, 变电站在收到召唤命令后上传告警。

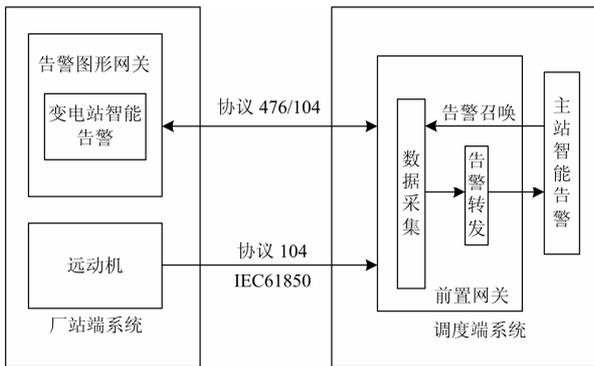


图 3 主子站信息交互示意图

Fig. 3 Diagram of data interaction between main station and substation

告警图形网关通过 DL476/104 协议的字符串数据块分别与变电站监控系统和主站前置网关实现实时信息传输。变电站告警直传具备同时上送至多个调控中心的能力。变电站与调控中心如出现链路中断的情况, 在链路恢复后, 能补传中断期间的告警信息。

4 调控主站智能告警

调控主站通过常规 YC/YX 数据采集和告警采集两个渠道获取全网的告警信息, 常规采集的 YC/YX 信号在经过 SCADA 数据处理后生成常规告警, 告警采集的报文通过告警解析模块生成调控主站侧可识别的变电站直传告警, 格式为结构化文本, 通过“设备名称”字段与主站设备进行关联, 包括开关告警、保护告警和故障告警。由于变电站内数据的冗余性, 经过站内预处理以及拒动、误动辨识的直传告警更加可靠, 且告警信息量较常规告警显

著减少; 当主子站间量测数据传输丢失时, 直传告警还能防止主站关键信息缺失。

调控主站智能告警对全网告警进行综合处理, 利用数据的冗余性对电网故障进行多层诊断, 其逻辑结构见图 4, 诊断流程为

1) 故障发生后, 开关变位信息最先到达主站系统, 因此首先利用开关变位信息进行故障辨识, 利网络拓扑分析功能判断得到停电区域, 该停电区域内的设备即为故障设备, 当故障设备为多个时, 为可疑故障设备集。

2) 根据所接收到的开关变位信息和保护信息, 以及它们之间的动作时序, 对上一步可疑故障设备集中的设备逐个进行基于动作频次、动作持续时间以及动作关联性逻辑的设备故障诊断, 进一步辨识故障设备。

3) 利用各个变电站的直传告警, 并结合全网的一二次设备关联关系, 对上一步的诊断结果进行基于常规告警和直传告警校验比对以及综合分析的进一步诊断, 当主子站故障诊断结果不一致时, 若不能根据数据冗余性以及可靠性最终确定故障元件, 则给出可能故障元件集。

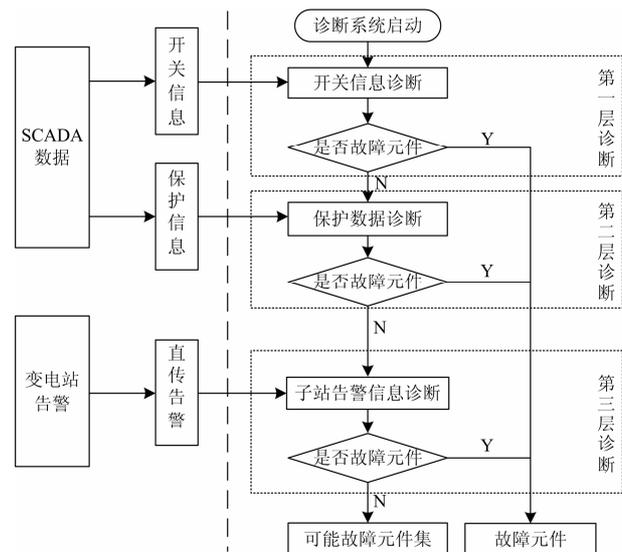


图 4 全网告警综合处理逻辑结构图

Fig. 4 Diagram of alarm processing structure for the whole grid

主站智能告警功能基于常规告警和变电站直传告警两个数据源, 在实现主站一二次设备模型充分关联的基础上, 把保护断路器动作的逻辑以及运行人员的诊断经验、事故处理经验用规则树的形式表示出来, 形成监控信息分析推理规则库, 并利用开关变位信息、保护信息以及直传告警信息进行分层故障诊断, 获得故障诊断结论和事故处理方案。

它的建立实现了主站智能告警的辅助决策功能,使得自动化系统能够向监控人员提供对故障设备的判断意见和处理方案等信息。

下面以常熟南 5232 线路故障为例,验证本文所提出的分布式智能告警建设方案的有效性。

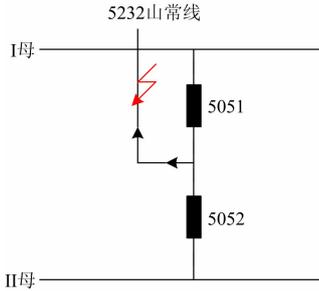


图 5 常熟南 5232 线路一次设备接线图

Fig. 5 Diagram of 5232 line in Changshu South Substation



图 6 山常 5232 线路故障分析简报

Fig. 6 Fault report of Shanchang 5232 line

图 5 所示为故障线路常熟南变电站侧一次设备接线图。5232 线路发生故障时,主站 SCADA 数据处理程序先后收到 5051、5052 开关变位及相关保护动作信号,主站智能告警通过第一、第二层诊断判断出 5232 线路故障。然而由于主站端通过常规采集并不能获取变电站内的所有综自设备信息,一次设备信息及继电保护信息,对故障不能做出非常精确的判断,在主站通过告警采集收到变电站事故简报“2013-06-05 10:30:55 山常 5232 线 A 相 瞬时故障”后,主站智能告警通过第三层诊断证实 5232 线路确实发生了故障,并从子站上传简报中获取到更加详细的诊断信息,如故障类型、故障相等,最终生成如图 6 所示的综合处理事故简报。

5 结束语

随着变电站综合自动化率大幅提高,各级调控

中心集中监控规模的迅速扩大,目前的集中式智能告警功能已不能满足日益增长的监控需求,存在主子站交互能力差,主站集中分析缺乏多源冗余信息以及数据通信和运维工作量太等弊端。本文针对设备监控业务需求开展了从子站到主站的系统性研究,提出面向监控的分布式智能告警架构,包括基于多源信息融合的子站侧故障诊断以及全局协调的主站侧综合故障诊断,实现主站和子站间故障诊断的协同处理,提高在线故障诊断的正确性,减少电网故障时大量表象告警信息的传输,降低数据通信压力和运维工作量。

参考文献

[1] 侯方迪, 谢宇哲, 顾伟, 等. 调控一体化电网综合智能告警技术的应用[J]. 浙江电力, 2013, 42(12): 70-72.
 HOU Fangdi, XIE Yuzhe, GU Wei, et al. Application of grid intelligent alarm technology in dispatching and control integrated system[J]. Zhejiang Electric Power, 2013, 42(12): 70-72.

[2] 陈宏辉, 田华. 基于智能变电站的智能告警系统技术研究[J]. 广东电力, 2012, 25(10): 38-41.
 CHEN Honghui, TIAN Hua. Research of substation-based intelligent alarm technology[J]. Guangdong Electric Power, 2012, 25(10): 38-41.

[3] 王尔玺, 章渊, 吴杰. 上海电网调度智能告警应用研究[J]. 华东电力, 2012, 40(5): 779-781.
 WANG Erxi, ZHANG Yuan, WU Jie. Application of intelligent alarm in Shanghai power grid dispatching[J]. East China Electric Power, 2012, 40(5): 779-781.

[4] 刘永欣, 师峰, 姜帅, 等. 智能变电站继电保护状态监测的一种模糊评估算法[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(3): 37-41.
 LIU Yongxin, SHI Feng, JIANG Shuai, et al. A fuzzy evaluation algorithm for condition monitoring of smart substation relay protection[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(3): 37-41.

[5] 欧睿, 杨渝璐, 张琳. 多维分析技术在跨辖区一体化调度自动化系统中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(23): 149-154.
 OU Rui, YANG Yulu, ZHANG Lin. Application of multi-dimensional analysis technology for power dispatching automation across jurisdictions integration[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(23): 149-154.

[6] 赵家庆, 唐胜, 丁宏恩, 等. 多主题电网设备综合智能告警技术方案[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 116-122.
 ZHAO Jiaqing, TANG Sheng, DING Hongen, et al.

- Multi-subject intelligent integrated alarm technology[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 116-122.
- [7] 杜一, 张沛超, 郁惟镛. 基于事例和规则混合推理的变电站故障诊断系统[J]. 电网技术, 2004, 28(1): 34-37. DU Yi, ZHANG Peichao, YU Weiyong. Substation fault diagnosis system based on comprehensive reasoning utilizing events and rules[J]. Power System Technology, 2004, 28(1): 34-37.
- [8] 苏宏升, 李群湛. 基于粗糙集理论和神经网络模型的变电站故障诊断方法[J]. 电网技术, 2005, 29(16): 66-70. SU Hongsheng, LI Qunzhan. Substation fault diagnosis method based on rough set theory and neural network model[J]. Power System Technology, 2005, 29(16): 66-70.
- [9] 姬书军, 朱学科, 李淮海. 变电站智能告警专家系统研究[J]. 华东电力, 2011, 39(5): 773-775. JI Shujun, ZHU Xueke, LI Huaihai. Research of substation intelligent alarm expert system[J]. East China Electric Power, 2011, 39(5): 773-775.
- [10] WU Y, KEZUNOVIC M, KOSTIC T. An advanced alarm processor using two-level processing structure[C] // Power Tech 2007, Lausanne, Switzerland, July, 2007.
- [11] 孙宏斌, 张伯明, 吴文传, 等. 面向中国智能电网的智能控制中心[J]. 电力科学与技术学报, 2009, 24(2): 2-7. SUN Hongbin, ZHANG Boming, WU Wenchuan, et al. Smart control center facing the smart grid of China[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2009, 24(2): 2-7.
- [12] 梁霆. 关于电网调度自动化系统智能报警的探讨[J]. 广东电力, 2005, 18(5): 41-44. LIANG Ting. Discussion on intelligent alarm in power grid dispatching automation system[J]. Guangdong Electric Power, 2005, 18(5): 41-44.
- [13] 杜红卫, 何勇, 张瑞鹏, 等. 地区电网调度智能辅助决策软件设计[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 108-112. DU Hongwei, HE Yong, ZHANG Ruipeng, et al. Design of regional power grid dispatching intelligent aided decision-making software[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 108-112.
- [14] 边莉, 边晨源. 电网故障诊断的智能方法综述[J]. 电力系统与保护, 2014, 42(3): 146-153. BIAN Li, BIAN Chenyuan. Review on intelligence fault diagnosis in power networks[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(3): 146-153.
- [15] 王毅. 智能电网故障辨识系统设计研究[J]. 华东电力, 2009, 37(6): 920-924. WANG Yi. Research and design of the fault diagnosis system of the smart grid[J]. East China Electric Power, 2009, 37(6): 920-924.
- [16] 郭创新, 高振兴, 刘毅, 等. 采用分层多源信息融合的电网故障诊断方法[J]. 高电压技术, 2010, 36(12): 2976-2983. GUO Chuangxin, GAO Zhenxing, LIU Yi, et al. Hierarchical fault diagnosis approach for power grid with information fusion using multi-data resources[J]. High Voltage Engineering, 2010, 36(12): 2976-2983.

收稿日期: 2015-11-12; 修回日期: 2015-12-22

作者简介:

张永刚(1983-), 男, 通信作者, 硕士, 工程师, 研究方向为电网调度自动化; E-mail: zhangyonggang@epri.sgcc.com.cn

庄卫金(1978-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电网调度自动化;

孙名扬(1979-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向为电网调度自动化。

(编辑 张爱琴)