

电网设备信号智能处理系统的研制

陆 路, 陆 成
(泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

摘 要:文中通过分析能量管理(EMS)系统,融合基于规则与事例混合推理机制的设备异常信号关联分析与诊断的方法,开发调控一体化模式下电网设备信号智能处理系统,实现电网设备异常信号的关联分析、故障信号诊断等功能。系统经过实际应用,在电网发生异常时能正确分析告警信号并辅助调控人员决策。

关键词:告警信号;设备异常;故障诊断;专家系统

中图分类号:TM734

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2015)04-0051-03

随着国家电网“三集五大”方案的推进以及电网规模的不断扩大,电网调控人员的工作压力日益增加,传统的面向调度业务的分析型能量管理(EMS)系统着重于分析电网某一运行状态下的各种安全、经济指标,其信息处理系统缺乏对设备故障、异常、告警等信号间的关联分析。电网调控人员面对上送至调控中心的海量信息,仅靠经验和直觉判断电网设备故障的性质已无法满足当前电网智能调度的需求,研究和开发集调度业务和监控业务为一体的智能型 EMS 系统是保证电网安全、稳定、经济运行的关键。

1 电网设备信号智能处理系统的研究现状

近年来国内研究机构对电网设备信号智能处理系统的研究取得一定成果,但还不能够全面支持调控一体化系统的运行。

(1) 报警信息命名不够规范。实际工程应用中,存在相同类型、相同型号的设备所设置的监控信息因为厂站施工单位不同而各不相同的问题,增加调控人员的分析判断时间。

(2) 报警信息的漏报和误报。有多种原因导致信息的漏报和误报,如规约处理上的偏差,厂站端的 RTU 存在缺陷等^[1],海量的告警信息短时间涌入会增加调控人员分析难度。

(3) 设备信息关联分析不足。一个事件的发生可能对应着多条报警信息,这些报警信息不是彼此孤立的,而是存在着多种关联关系^[2]。实际工作中,对海量信息短时间筛选出关键信息,往往依靠调控人员工作经验。

2 电网设备信号智能处理系统

2.1 系统结构设计

电网设备信号智能处理系统的总体设计框图如图 1 所示。

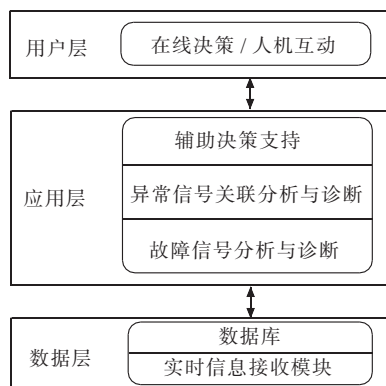


图 1 电网设备信号智能处理系统总体设计框图

系统采用层次架构和模块化设计,数据层包含数据库和实时信息接收模块 2 个部分;应用层从数据层提取实时数据以实现信息的智能处理,包括智能优化告警信息、故障信号分析与诊断、设备异常信号关联分析与诊断和辅助决策支持等,分析结果呈现给用户层用户,同时存入数据层;用户层根据应用层的分析结果在线决策,同时也可根据需 要与应用层进行交互,包括知识库维护,提高应用分析的正确率和效率^[3]。电网设备信号智能处理系统关键特征如下:

(1) 完整性。系统包含实时态与研究态,均可实现对事故发生前的设备异常信号的关联分析与诊断、事故发生时的故障信号诊断功能,及时辅助调控人员决策处理;同时,能够实现对历史信号分析与诊断结果查询,为调控人员的案例分析与培训提供历史数据。

(2) 智能性。自动采集实时电网设备异常、告警和故障等信息,实现关联分析与诊断辅助调控人员决策。

(3) 可扩展性。系统采用 VC++6.0 开发核心推理算法,可嵌入 SCADA/EMS 系统,同时系统预留部分接口,方便和其他系统兼容。

2.2 系统功能设计

为保证系统功能的通用性、独立性,将系统分为实时信息接收模块、设备异常告警信号智能处理模块、故障诊断模块。系统功能流程如图 2 所示。

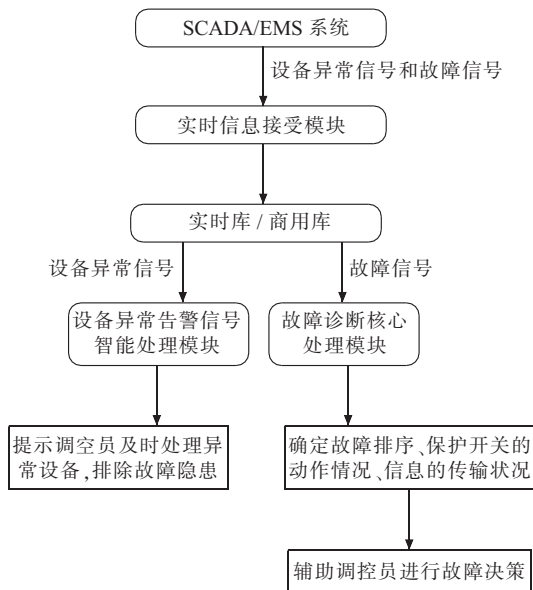


图2 系统功能流程图

2.3 系统原理

(1) 实时信息接收模块接收来自 SCADA/EMS 调度自动化系统的原始数据, 设备异常告警信号智能处理模块通过关键字提取方法, 模糊辨识实时信息接收模块接收的设备异常告警信号, 运用基于规则和事例混合推理机制, 结合专家系统的知识库, 智能处理一段时间内未复归信号间的关联关系, 分析出设备异常可能原因并提供处理措施, 提醒调控人员及时处理异常设备, 排除故障隐患。

(2) 故障诊断模块截取实时信息接收模块接收的故障信息, 判断是否为真实故障, 确定是否启动故障诊断核心处理程序, 结合开关保护的动作情况确定设备故障性质, 辅助调控人员事故处理^[4]。

(3) 系统维护工具提供增减设备告警信号关联关系及其处理措施等功能。

(4) 系统人机界面显示直观, 实时显示接收的信号、电网设备异常关联分析与诊断结果、故障诊断结果, 方便调控人员分析与决策。

(5) 专家系统的问题求解过程是通过知识库中的知识来模拟专家的思维方式的, 因此, 知识库中知识的质量和数量决定着专家系统的质量水平。专家系统知识库根据集控站运行规程和调度运行规程, 收集并整理设备告警信息的处理策略, 提取出知识规则, 建立设备告警信息智能处理系统静态知识库。知识库中主要包含设备类、异常现象类、引起现象的原因类, 同时知识库的知识按设备类型进行分类总结。本系统主要是对电网的一、二次设备出现异常后所产生的告警信息进行处理, 其中一次设备包括变压器、发电机、断路器、隔离开关、线路等, 二次设备包括继电保护装置、控制和信号元件、仪表等。每一种具体设备对应着多种异常

现象, 每一种异常现象又由多种原因引起。设备与异常现象之间、异常现象与原因之间为一对多的关系; 这样设备、异常现象、引起现象的原因之间构成一种自上而下的层次关系。如图 3 所示。

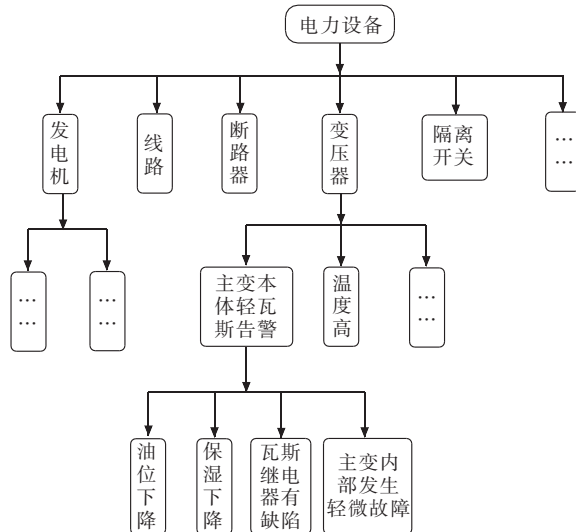


图3 设备各类异常现象层次关系

某个异常现象可能由另一些异常现象引起, 针对这些异常现象, 结合总结的知识规则, 建立统一规范的知识规则库。本系统采用关键字模糊匹配方式识别出对应规则库中的异常现象。其中关键字的格式采用括号“()”、与“(&)”、或“(|)”表示, 按优先级进行搜索, “()”为最高优先级, 其次是“&”, 再次是“|”。“&”表示连接的 2 个关键字必须同时检索到才为真, “|”表示连接的 2 个关键字只需检索到其中之一即为真。例如, 异常信号“断路器 SF₆ 压力低报警”, 实际信号可能有“断路器 SF₆ 压力低报警”、“断路器 SF₆ 气体压力低报警”, 需采用关键字“(断路器 SF₆ | 断路器 SF₆ 气体) & 压力低报警”加以辨识; 异常信号“母线 TV 并列装置直流电源消失”, 实际信号可能有“母线 TV 并列装置直流电源消失”、“母线 TV 并列装置电源消失”、“母线 TV 并列装置失电”等, 需采用关键字“母线 TV 并列 & (失电 | 电源消失)”加以辨识。因此在知识规则库中对应每一异常现象均需设置相应的关键字。

专家系统的基本工作流程是调控人员通过人机界面回答系统的提问, 推理机将输入的设备异常等信息与知识库中各个规则的条件进行匹配, 并把被匹配规则的结论存放到综合数据库中。该系统采用逆向链接的策略, 从选定的目标出发, 寻找执行后果可以达到目标的规则; 如果该条规则的前提与数据库中的事实相匹配, 问题就得到解决; 否则把这条规则的前提作为新的子目标, 并对新的子目标寻找可以运用的规则, 直到最后运用的规则的前提可以与数据库中的事实相匹配, 或者没有规则再可以应用时, 系统便以对话形式请求调控人员完善知识库的知识。

(6) 设备异常告警信号智能处理流程设计,如图4所示。

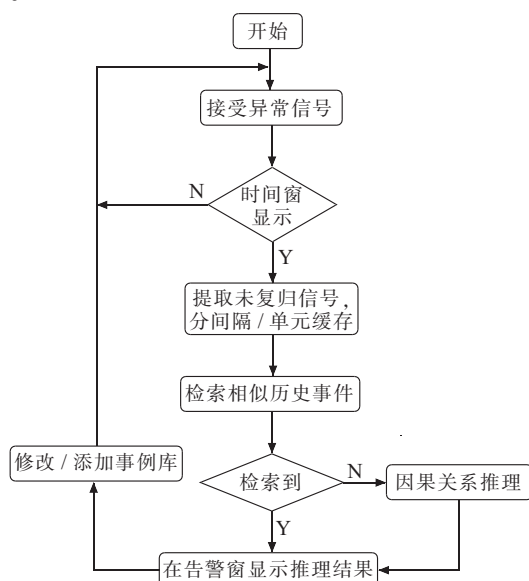


图4 设备异常告警信号智能处理流程图

3 效果检查

电网设备信号智能处理系统在泰州电力调度控制中心试运行4个多月,效果显著,以220 kV 帅垛变上传异常信号为例,说明异常信号关联分析与诊断的处理过程如表1所示。

表1 帅垛变某时间段上传异常信号

信号发生时间	信号内容
2015-01-01 17:33:25	20 kV 部分事故总信号 动作, 110 kV 部分事故总信号 动作
2015-01-01 17:33:26	帅同 2H65 开关启动合闸同期 动作, 帅同 2H65 线测控装置就地控制 动作
2015-01-01 17:33:27	帅同 2H65B 相开关 事故分闸, 帅同 2H65C 相开关 事故分闸, 2 号主变 3023 闸刀 分闸, 2 号主变 35 kV 侧高压带电显示 动作

设备异常告警信号智能处理模块,运用基于规则和事例混合推理机制,结合专家系统的知识库,判断原则如下:220 kV 断路器单相事故分闸,应该首先有该断路器保护动作,并伴随重合闸动作信号;2号主变302开关运行,3023 闸刀变位之前必须以302开关分闸为前提,否则闭锁变位。因此设备异常告警信号智能处理模块分析出2H65断路器B相、C相事故分闸为误发信号,给出判断结论,并提醒调控员及时查阅“帅同2H65”线路两侧潮流的变化,验证结论的正确性。

故障诊断模块截取信息后判断为非真实故障,停

止启动故障诊断核心处理程序。最后系统给出综合处理建议:联系变电站运行维护人员至现场检查后台机接受的异常告警信息,联系设备检修人员确认帅垛变告警信号误发原因。

当值运行维护人员接到调控人员通知后,第一时间赴220 kV 帅垛变现场检查设备异常情况。帅同2H65断路器三相均在合闸位置,3023 闸刀三相均在合闸位置,一次设备没有变位过程;帅垛变现场后台机确实有“2H65 断路器B相、C相事故分闸”等信号,信号发生时间和内容与表1基本一致;220 kV 帅同2H65线路的两侧断路器三相潮流指示正常。

当值运行维护人员联系设备检修人员至帅垛变对设备信息误发情况进行原因分析和问题解决。调控中心当值人员整理事情经过,结合事情发生过程中上传信号的现象特征,将电网设备信号智能处理系统的初始分析判断内容和当值运行维护人员现场检查结果进行核对,同时结合设备检修人员对设备异常原因的分析结论,提炼该事情分析经过所运用的新规则,编写入专家知识库,完善知识库内容,以便其他变电站发生类似事件时可直接匹配知识库中建立的新规则,进而更加有效地辅助调控人员对电网设备信号分析与决策。

4 结束语

在调控一体化模式下,电网设备信号智能处理系统集成模型数据交换、信号监控、设备异常关联分析与诊断、故障诊断、知识库维护以及信号查询等功能于一体,接收来自SCADA/EMS系统的异常告警信号和故障信号,结合设备异常关联分析和故障诊断核心算法,实现信号的在线智能分析处理和辅助决策。实际应用中,该系统有效提高调控人员对电网数据分析的效率,确保了电网的安全稳定运行,具备工程应用价值。

参考文献:

- [1] 霍丹. 电网故障诊断系统实用化平台设计与开发[D]. 北京:华北电力大学,2012.
- [2] 晁进,刘文颖. 基于多智能体和专家系统的电网智能报警系统研究[J]. 现代电力,2010,27(5):1-5.
- [3] 毕天姝,倪以信,吴复立,等. 基于混合神经网络和遗传算法的故障诊断系统[J]. 现代电力,2005,22(1):31-36.
- [4] 李晓,黄纯. 电力系统故障诊断的量子粒子群优化算法[J]. 电力系统及其自动化学报,2011,23(4):61-66.

作者简介:

陆路(1984),男,江苏泰州人,工程师,从事电网调控技术研究工作;

陆成(1986),男,江苏泰州人,助理工程师,从事电网调度自动化研究工作。

(下转第56页)

行,宁夏省内机组计划满足的广义联络线考核要求,不会产生额外的考核电量。

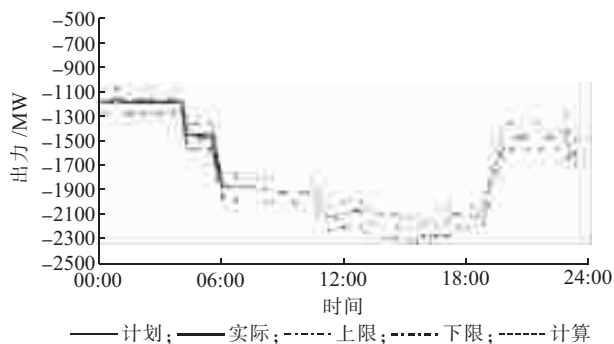


图3 非松弛结果示意图

5 结束语

该功能通过与日前计划有机协调,实时滚动调整机组计划,使得全网发电计划实时跟踪电网负荷偏差和广义联络线控制要求。通过在宁夏电网的实际运行,截止目前功能整体运行平稳安全,广义联络线控制效果明显,很好地满足电网安全运行和上级调度部门考核要求,为宁夏电网创造了较好的经济效益,同时能极大地减轻调度人员工作量,具有较高的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 王楠,张粒子,刘宝成,等.日前节能发电调度计划与实时控制的协调方式[J].电力系统自动化,2012,36(17):45-55.
- [2] 张宁,陈慧坤,骆晓明,等.广东电网节能发电调度计划模型与算法[J].电网技术,2008,32(24):11-15.
- [3] 陈之栩,谢开,张晶,等.电网安全节能发电日前调度优化模型及算法[J].电力系统自动化,2009,33(1):10-13.
- [4] 王超,张晓明,唐茂林,等.四川电网节能减排发电实时调度优化模型[J].电力系统自动化,2008,32(4):89-92.
- [5] 徐帆,陈之栩,张勇,等.实时发电计划模型及其应用[J].电力系统自动化,2014,38(6):117-121.

作者简介:

段金长(1983),男,江西于都人,工程师,从事智能电网技术支持系统高级应用软件开发和工程实施工作;

程彩艳(1975),女,河北任丘人,工程师,从事智能电网技术支持系统组织实施工作;

马冬冬(1975),男,宁夏银川人,工程师,从事智能电网技术支持系统组织实施工作;

刘鹏飞(1991),男,河南鹤壁人,工程师,从事智能电网技术支持系统高级应用软件开发工作;

袁静(1985)女,江苏姜堰人,工程师,从事智能电网技术支持系统高级应用软件开发工作。

Function Realization of Real-time Generation Schedule for Ningxia Power Grid Considering Tie-line Assessment

DUAN Jinchang¹, CHENG Caiyan², MA Dongdong², LIU Pengfei¹, YUAN Jing¹

(1.NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 211106, China;

2.State Grid Ningxia Electric Power Company, Yinchuan 750001, China)

Abstract: Ningxia power grid's dynamic real-time generation schedule is achieved considering generating units' operational modes, day-ahead generation, ultra-short term load forecasting, new energy forecasting, tie-line assessment and grid real-time topology. Taking SCED as the goal, the generation schedule function can be automatically updated and then the updated schedule signals will be sent to AGCs to ensure power systems' safe and stable operation. This function realizes automatic rolling adjustment closed-loop control of generators. The function paralleled with AGCs can coordinating generation schedule and power grid dispatch. This can improve the efficiency of generation schedule implementation and satisfy the evaluation requirement. The function ensures power grid's security and reduces workload of dispatching personnel, which improves the efficiency of processing accidents.

Key words: generation dispatch; real-time rolling generation schedule; tie-line assessment

(上接第53页)

Research of Equipment Signals Intelligence Processing System of Power Grid

LU Lu, LU Cheng

(Tai Zhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China)

Abstract: Based on the analysis on EMS system, an equipment abnormal signals processing system for power grid is developed by using ruler and case hybrid based signal correlation analysis and fault diagnosis method. This processing system is capable for signal correlation analysis and fault diagnosis. Application results on the actual power system show that the system can correctly analyze alarm signals and support dispatch personals making decisions.

Key words: alarm signals; equipment abnormal; fault diagnosis; expert system