

智能电网调度控制系统变电站集中 监控功能的几项实用化改进

李熠¹ 龚成明² 何锐¹ 朱丽嫚³ 高剑¹ 孙世明²

(1. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041; 2. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 211106;
3. 国网成都供电公司, 四川 成都 610041)

摘要: 简要分析了变电站集中监控功能对智能电网调度控制系统的要求和传统主要面向调度员设计的调控系统存在的不足, 提出了为更好地满足正常监控、事故和异常处理以及专业管理的需求而进行的几项改进。各项改进在大型调控中心应用后显著提升了变电站集中监控业务的效率。

关键词: 智能电网调度控制系统; 变电站集中监控

中图分类号: TM711 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2018)05-0076-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.05.016

Several Improvements on Centralized Monitoring and Control Functions for Substation in Dispatching and Control System of Smart Grid

Li Yi¹, Gong Chengming², He Rui¹, Zhu Liman³, Gao Jian¹, Sun Shiming²

(1. State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China;
2. NARI Technology Development Co., Ltd., Nanjing 211106, Jiangsu, China;
3. State Grid Chengdu Power Supply Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Firstly, the requirements of centralized monitoring and control functions in substation are briefly analyzed as well as the deficiency of the existing implementations which are mainly designed for dispatchers. Then, several improvements are proposed for a better support of the monitoring and control under normal situations and the alarming under outages or abnormal situations. These improvements have been deployed in large-scale dispatching and control centers, which improves the efficiency of centralized monitoring and control in substation.

Key words: dispatching and control system of smart grid; centralized monitoring and control in substation

0 引言

变电站集中监控业务是电网公司实现集约化运行的重要方面,既是管理方面的重要变革,同时也对调控系统支撑能力提出了新的更高要求^[1-2]。部署于调控中心的自动化系统传统上主要面向调度员服务,在保证数据及时、准确的基础上主要提供辅助调度员进行保障电网安全稳定和经济运行的各类分析、控制和辅助决策等功能。随着变电站无人值班改造,在实施变电站集中监控业务后,调控中心的监控员承担着设备监视和操作、故障判断、分析总结等多种类型的运行和管理任务,监控员面临着不同于

调度员的压力:在电网正常工况下要确保信号巡检完全覆盖;在电网事故情况下要处理大量突发信号并准确分辨信号产生原因。在典型的省级和大型地区级调控中心,监控员监视的信号点数在十万以上乃至百万级的规模,监控员需要关注每一个信号的动作、复归、异常等各类状态并据此对变电站的运行情况作出判断。如果由于缺少对这些信号进行有效分析的自动化辅助手段,将会制约集中监控业务的范围,同时也会给电网的安全运行带来隐患。

国家电网公司近年来在推进变电站集中监控业务方面取得了显著的成效,在相应的技术支持系统方面也提出了明确的规范^[3-4],智能电网调度控制系统的相关综合智能告警和变电站集中监控功能也

发挥了重大作用^[5-7]。但随着监控业务的快速发展,智能电网调度控制系统的功能在满足变电站集中监控业务需求方面仍存在一些短板,在告警信号的优化和再加工以及信号辅助分析等方面的不足尤为突出。

针对集中监控业务的特点提出了对调控系统集中监控功能所进行的多项实用化改进,包括:1)在电网正常状态下对监控信号的优化,对监控员巡视轨迹的记录与分析以及监控信号的自动巡检与分析;2)在电网事故或异常情况下对告警信号和告警方式的优化;3)对监控专业管理和分析评价的辅助支撑等。这些实用化功能已应用于多个省级和地区调控中心,显著提升了变电站集控监控工作的效率,为调控“大运行”工作提供了有力的支撑。

1 集中监控业务的特点和对调控系统的要求

实施调控集约化运行后,虽然调度员和监控员集中在共同的场所值班,并且一般也使用同一平台上相同的SCADA功能,但是变电站集中监控业务和调度大厅内传统的调度业务有着显著的差别。不同于调度员侧重关注系统发用平衡及系统安全稳定状态,监控员更多地关注变电站现场所有一、二次设备的运行状态。集中监控业务要求监控员能通过对信号以及主要遥测量的监视准确反演出现场实际的设备状态,而且能对故障情况下大量的信号进行分析从而对实际发生的故障做出准确判断,并能够根据调度员的指令或监控自身的职责快捷进行各类操作。

基于上述集中监控业务的特点,一方面变电站现场自动化系统上送的信号要全面,确保不遗漏任何和设备状态相关的信号;另一方面,主站端的信号处理要高效,尽可能为监控员提供简洁有效的结果。只有达到这两方面的要求才可能提高监控业务的效率,使得集中监控规模足够大,真正达到发挥集约化的优势。在信号的全面和展示结果的精简方面进行良好的平衡是调控系统变电站集中监控功能重要的出发点。所做的工作就是基于这一出发点开展的。

2 正常状态下的信号监视与分析优化

在电网正常状态下,每值监控员需要完成若干

幅画面的巡视,并确认本值内状态发生变化的信号。要确保一些个别的信号不被大量的其他信号淹没,否则就有可能失去对变电站重要事件的了解和把握,进而可能导致事件进一步发展甚至危害主网的安全。为实现对正常状态下信号的有效监视需要对分散的原始信号进行优化分析并提供辅助手段来最大限度避免监控员的漏巡。

2.1 监控信号关联分析和自动派生

1) 关联信号分析

对于大量的分散信号,调控系统一般按照分级分类的要求对这些信号做了区别展示,但传统的简单按照原始的时间序列顺序来展示难免会出现个别重要信号淹没在大量其他信号中的情形。只有按照事件、厂站等属性对信号进行有效关联,才可避免监控员迷失在离散的信号中。例如,某条线路跳闸事件产生的信号可能分散在多个地方并且和其他变电站的各类信号混杂在一起。

通过对设备告警信号的类型、所属厂站和间隔以及发生时间等属性进行相关性分析,结合设备故障后关联告警模板,实现了在设备发生故障情况下从实时告警窗中自动关联提取相关的一组告警信息,并支持对历史告警信息进行关联性分析。

图1是关联信号提取方法示例图,例如对于线路跳闸事故告警信息,可以查询其发生前后几分钟的相关类型告警信息,以便快速分析排除检修情况。

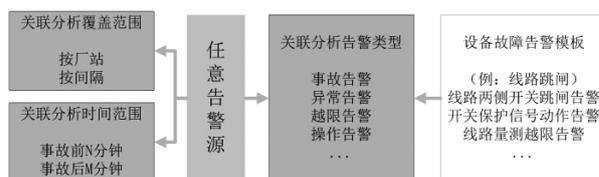


图1 关联信号提取方法

2) 重要告警信号派生

监视对象的某些重要状态有可能缺少站端直接发送的信号,监控员这种情形往往难以及时发现和处置。例如,母线等重要设备失压是重要的事件,但是一般只能由监控员基于量测值人工判断,时效性很难达到要求。

通过设置适当的失压判据,实现了在一定的时延范围内,结合设备的实时遥信和遥测信息,自动判断主变压器、母线等设备失压和全站失压,并及时发出母线或全站失压告警信号,不再需要监控员逐个厂站巡视并仔细判断才能识别出失压这一重要的事

件。图2是母线及全站失压判定逻辑图,当母线三相电压同时归零且母线失电,则判定当前母线失压。当全站所有母线均处于失压状态,则判定全站失压。

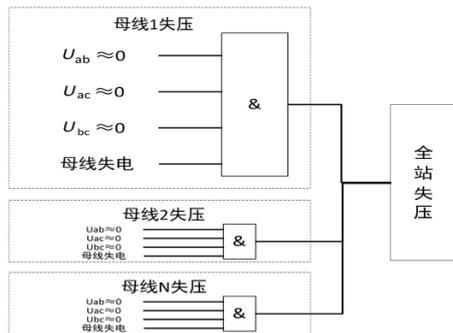


图2 母线及全站失压逻辑

2.2 监控画面游览轨迹记录与分析

人工对所有预定义的画面进行游览是监控员基本例行工作和安全保底手段。随着监控范围的扩大以及同时需要处理各类突发工作,可能会出现漏巡的情况,成为系统安全的一个隐患。

通过预定义每值监控员需要游览的画面以及游览频度要求,自动记录监控员实际画面游览轨迹,并将两者进行对比,实现了未游览画面的自动告警功能,实时提醒当值监控员。还支持在事后对所有画面游览轨迹及未及时游览的告警信息进行分析,实现对监控工作流程和特定监控员工作习惯进行评价。

2.3 监控信号变化和差异分析

监控员在交接班时需要快速准确地把握过去一段时间内信号变化情况以及后续需要继续关注的信号,靠交班和接班监控员手动翻阅告警记录来达到这一目的,工作量巨大且容易发生遗漏。

采用版本管理的思想,以某一时刻的数据断面为基础,建立各时刻断面巡视数据版本,再通过版本管理机制记录各版本在对应时刻的数据变化并进行管理。将包含相关信号状态的断面信息打包固化存储,通过对不同断面的对比,按照新增、消失、变化3类列出相关时刻信号状态变化列表,监控员在交接班时只需要关注所给出的变化信息即可。图3是断面数据结构定义和某一交接班分析结果示例。

具体实现时,这一功能既支持监控员在登录和注销时自动保存快照,也可以由监控员在任意时刻手动保存快照。通过用不同的颜色标注出新增、变化以及消失的信号,系统中所有监视对象的重要信

息变得一目了然。

状态	厂站名称	信号名称	类型	状态	动作时间	复归时间
新增	四川 珠光	全联事故总告警	事故	动作	2015/5/10 19:29	2015/5/1 9:11
新增	成都 沿江	1号主变本体因强压力释放	异常	动作	2015/5/10 21:03	2015/5/8 11:31
新增	成都 沿江	1号主变低抗测控装置通信异常	异常	动作	2015/5/12 8:59	2015/5/3 12:28
消失	四川 苏场	2号主变1号电容器321开关跳异常	异常	复归	2015/5/11 16:21	2015/5/2 13:29
消失	四川 苏场	2号主变1号电容器321开关漏异常	异常	复归	2015/5/9 22:41	2015/5/2 14:08
消失	成都 眉山	2号主变1号电容器321开关漏告知	异常	复归	2015/5/11 8:22	2015/5/2 19:53

图3 监控信号变化分析结果示例

3 事故或异常状态下的信号和告警优化

3.1 异常频发信号的检测和展示优化

对于因变电站端自动化装置异常引起的大量频发信号,需要在调控系统中有效地检测并在展示时用适当的方式进行隐藏,避免干扰监控员的正常工作。

基于对异常频发信号重复特征的分析,设计了相应的检测功能并在告警窗上对这类异常信号的展示自动进行折叠。图4为频发信号检测判断原理图,将在相对的滑动时间窗口 Δt 范围内统计是否发生频发信号。

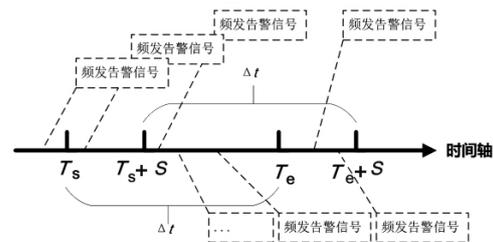


图4 频发信号检测原理

其中时间轴是一个滑动时间窗口,即给定时间窗口宽度 Δt 和窗口滑动步长 S ,频发信号检测时以当前窗口起始告警时间为 T_s ,结束告警时间为 T_e ,则 $T_e - T_s = \Delta t$,窗口滑动一个步长 S 后,新窗口起始告警和结束告警时间分别为 $T_s + S$ 和 $T_e + S$ 。在滑动窗口时间内统计异常频发信号并自动折叠,对于折叠的异常频发信号,监控员在需要时也可以展开进行必要的确认和详细分析。

3.2 突发事故大量推画面的优化

当电网发生事故时,将在很短时间内产生大量的信号,并可能同时触发语音、自动推画面等多种告警方式。对于这些大量的突发信号,需要进行有效处置,既保障监控员及时得到重要的信息,又要避免

大量告警干扰监控员对事件的处置,还要注意减轻大量突发信号引起的系统过重的负担。

针对异常或事故情况下触发的突发大量推画面告警方式,设计并实现了先推出事故厂站画面列表的展现方式,具体展示哪一幅画面由监控员根据需要进行选择。这样在发生异常或事故时,将避免大量画面直接堆叠在界面上,影响监控员快速选择最关心的画面,也可避免同一时间推出大量画面引起工作站和相关服务器的资源占用急剧升高。

4 监控专业管理与分析评价的辅助支撑

变电站集中监控除实时业务外,还有大量的管理类工作。一方面,需要基于历史数据对变电站一、二次设备的运行情况进行分析;另一方面,也需要对相关的信息进行分析以对监控员的工作进行评价和指导。调控系统一般都自动保存了完整的历史数据,但是在原有系统上对历史数据进行分析时,发现存在以下 3 个主要的问题:一是告警历史信息中缺少部分集中监控业务所需要的重要属性,无法对告警信息进行深度分析;二是相关信息分散在不同的业务系统中,缺乏对相关信息进行有效融合和关联分析;三是典型信号的处理经验没有得到很好的推广。为了提高监控专业管理的技术支撑水平,进行了 3 个方面的改进。

4.1 设备操作标识与精细化分析

开关变位的原因包括跳闸、检修、计划停运、合解环、调压等若干类型。为了结合设备远方操作精细化分析开关变位原因,基于告警信息字符串结构化解析和逻辑分析实现了对设备操作类型分析,能够自动识别远方操作、检修、调压等操作类型,并支持人工对个别信号的操作类型进行调整和增加备注信息。基于更加细化和准确的操作原因分类,设备监控管理专业可以快捷地得到一、二次设备运行状态和监控操作的深入分析结果。图 5 是设备操作分析数据流程图,变位信号经过分析后自动判别出了检修、频发、遥控原因,对于不能自动判别出正常、操作等原因的信号可支持人工标记。

4.2 基于大数据分析的信息融合和关联分析评价

基于大数据平台技术,对监控数据进行分布式整合计算,把多个应用监控数据孤立的节点信息,对其进行有效的关联分析。

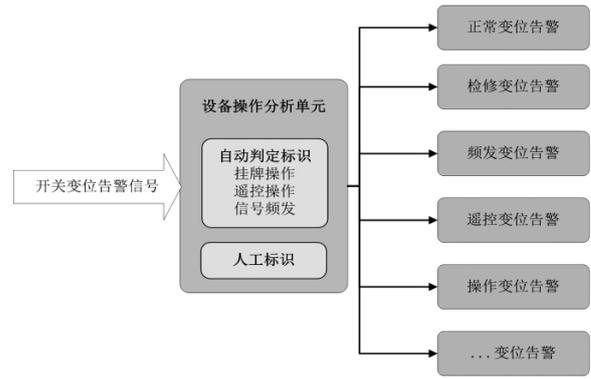


图 5 设备操作原因分类和标识

首先,构建监控大数据对象统一编码 ID,对象包括一次设备、二次设备、运行、辅助类数据等,为保证监控数据对象在整个基于监控数据的变电站设备大数据分析系统中全局唯一,设计一套用于数据交互共享的编码规则(即 ID 编码规则),作为监控数据对象的唯一标识。编码原理如图 6 所示。

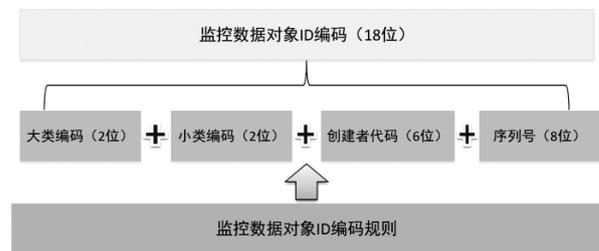


图 6 监控数据对象 ID 编码结构

其次,对集中监控变电站大数据统一整合建模,采取以监控设备为中心,强化监控数据与设备之间的关联关系。统一用设备 ID 为关联字段,将监控设备的运行数据与管理数据及其他辅助数据进行关联整合,形成关联数据集并存储于数据中心。监控大数据统一建模示意图如图 7 所示。



图 7 监控大数据统一整合建模

最后,基于分布式文件系统(Hadoop distributed file system, HDFS)实现监控大数据分析应用,对事件和监控员的操作进行关联分析评价。这一功能首先抽取分散的各类事件信息,并将这些事件和监控员的操作记录相关联,然后将抽取和关联的结果同(下转第 90 页)

3) 以里程碑节点目标为抓手,以关键节点为重点,开展执行偏差分析和预警,提前制定预防和纠偏措施,杜绝Ⅰ级和红色预警,避免Ⅱ级和橙色预警,有效减少Ⅲ级、Ⅳ级和黄色、蓝色预警,最终实现投资计划完成零偏差,投资计划、投资项目零调整,支出入账率目标完成。

通过开展综合计划“三级管控”,某电力科研企业2017年度的项目支出完成率指标,同比提高约21.15%,首次位居该网省系统42家单位第1名,较2016年提高2名,提前完成上级下达年度支出入账目标要求。累计支出入账率季度平均值达到14.91%,综合计划管控指标和资金预算均衡性取得2010年实行综合计划管理以来最佳成效。固定资产投资完成

(上接第79页)
监控业务的标准流程进行对比,对监控员的操作进行分析评价,给出有针对性的改进意见。

5 应用效果

所提出的几项变电站集中监控功能实用化改进,已在四川省多个地区调控中心投入实际使用。相关改进工作显著提升了变电站集中监控工作的效率,确保了变电站集中监控功能的顺利实施并为更大范围的集中监控提供了足够的支撑。其中,成都地调属于省会级大型地调,集中监控厂站293座,实施监控功能改进后,每值监控员用于监控信号巡检的时间由3.5 h缩短为10 min,此外在事故应对和设备监控管理等方面的能力也由此得到显著提升。

6 结 语

变电站集中监控能够大幅提升电网运行的集约化水平,是电网调控业务发展的趋势,与此同时,它也给监控员带来了明显的压力和挑战。智能电网调度和控制系统不能拘泥于原有主要面向调度员的设计,而要充分理解集中监控业务的需求,在信号量完整和展示结果简洁这两个方面做到很好的平衡,才能真正给集中监控业务提供有效的支撑。所提出的几项实用化改进是这方面工作的一点尝试,经过初步实施能够明显体会到在对集中监控业务的特点和需求进行细致分析后,调控系统适当的改进能够显著提升对集中监控业务的支撑。后续将对监控业务

率达到94.66%,超过省公司平均值11.2个百分点。

参考文献

- [1] 陈绍梅. 解析供电企业综合管理办法[J]. 现代经济信息 2011(16): 36-38.
- [2] 叶炯. 电力公司综合计划管理的难点与对策[J]. 中外企业家 2011(20): 25-26.
- [3] 余慧, 郝建国. 浅析基于综合计划管理的绩效考核管理[J]. 经营管理者 2013(13): 19-20.

作者简介:

唐 静(1988), 硕士研究生、工程师, 主要从事综合计划、物资计划、资金项目管理工作。

(收稿日期: 2018-08-02)

的需求进一步分析研究,结合专业管理的规范化和标准化,继续提升监控数据分析水平,为变电站集中监控业务提供更切实有效的支撑。

参考文献

- [1] 赵家庆. 220 kV 无人值班变电站远方监控系统建设[J]. 电力系统自动化 2003 27(8): 78-80.
- [2] 朱东升, 孙纯军, 陈飞. 500 kV 变电站远方集中监控系统方案探讨[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(5): 126-129.
- [3] 智能电网调度控制系统第4-1部分: 实时监控与预警类应用电网实时监控与智能告警: Q/GDW 1680.41-2015[S] 2015.
- [4] 地区智能电网调度控制系统应用功能规范: Q / GDW 1461-2014[S] 2014.
- [5] 金芬兰, 王昊, 范广民, 等. 智能电网调度控制系统的变电站集中监控功能设计[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(1): 241-247.
- [6] 闪鑫, 戴则梅, 张哲, 等. 智能电网调度控制系统综合智能告警研究及应用[J]. 电力系统自动化 2015(1): 65-72.
- [7] 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(10): 116-122.

作者简介:

李 熠(1981), 硕士、工程师, 主要研究方向为变电站集中监控;

龚成明(1977), 高级工程师, 主要研究方向为电力系统调度控制;

何 锐(1975), 高级工程师, 主要研究方向为电网调度自动化。

(收稿日期: 2018-05-03)