

电网调度日志信息模型的对象化改造

唐陇军^{1,2}, 程浩忠¹, 孙 勇², 顾飞飞³

(1. 上海交通大学电子信息与电气工程学院, 上海市 200240; 2. 华东电力调度通信中心, 上海市 200002;
3. 国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏省南京市 210003)

摘要: 信息模型的不合理限制了电网调度日志系统对调度运行的支撑作用。针对华东电网实时调度业务的当前需求, 通过对原信息模型的 2 次对象化重构, 提出有利于电网分层认知和薄弱环节快速识别的面向事件新调度日志信息模型, 并据此改造了华东网调调度日志系统。改造效果表明, 面向事件的调度日志信息模型有助于提高调度工作效率、降低误操作可能, 具有推广价值。

关键词: 电网调度; 日志系统; 对象化改造; 面向事件; 信息模型

0 引言

电网调度日志系统是电网调度技术支持体系的重要组成部分^[1-3]。它既是调度员记录日常工作的主要载体, 又是调度员了解电网运行的基本工具, 对保障调度安全生产、提高调度工作效率具有重要意义。

华东网调原调度日志系统使用多年, 与业务需要已呈相脱节的趋势。而华东电网正逐步跨入“多馈入、交直流混联、特大型受端”的新阶段^[4], 无论是把握电网整体运行状态, 还是辨识电网局部薄弱环节, 调度员都对调度日志系统有了更多的需求。

实际上, 当前电网发展对整个华东网调技术支持体系提出了改造要求^[5-6], 调度日志系统改造作为其重要组成部分, 着重构造与调度员逻辑思维过程相一致的调度日志信息模型, 为创建统一调度信息模型积累经验^[7-9]。

本文在对原调度日志系统信息模型 2 次对象化重构^[10]的基础上提出了面向事件的新调度日志信息模型, 并介绍了以该模型为核心的华东网调新调度日志系统设计和实际使用情况。

1 实时调度业务主要需求

华东电网最高负荷近 20 年来基本保持每年 10% 以上的增速, 华东网调每班调度员却始终保持 3 人不变, 电网快速发展与调度人力相对固定的矛盾决定了调度专业对技术支持系统持续改进的依赖, 这在与调度员密切联系的日志系统上体现得尤为明显。当前, 调度员对该系统最迫切的 2 个需求是:

1) 帮助调度员更方便地分层认知电网。电网运行正变得越来越不直观, 复杂的网络结构、繁杂的控制机制和不断扩展的设备规模把电网变成了一个复杂巨系统^[11], 分层认知有利于调度员针对任务的层次属性有选择地配置注意力资源^[12], 提高认知效率, 加强全局把握能力。

2) 帮助调度员更迅速地辨识运行薄弱环节。对于电网薄弱环节的性质和风险, 调度员主观辨识存在很大的不确定性, 容易发生漏判、误判或定位不准等问题, 这在事故范围极易扩大的现代电网中是十分危险的。

2 原调度日志系统的不足

华东网调原调度日志系统脱胎于调度台以前的日志记录簿, 运行记录以流水形式存在, 忽略信息间固有的逻辑关系, 与调度员逻辑思维方式也存在很大差异, 给自动安全校核和调度员理解都带来很大困难。

以目前常见的 500 kV 变电站开关改造为例, 这样的改造通常分 3 至 5 个阶段, 持续半年左右时间, 期间涉及运行方式调整、工作许可、稳定限额更改、电力交易等各类调度工作几十次, 线路、母线、主变、开关、保护等一次、二次操作上千步。在原调度日志系统中, 改造记录和其他工作记录一起都以流水形式分散存放在“日常工作”、“一次设备操作”、“二次设备操作”、“工作许可”、“设备缺陷”、“稳定限额”、“电力交易”、“拉限电记录”等各类信息目录中。无论是否在同一目录下, 这些记录之间都不存在逻辑联系, 因此像“无保护设备不能运行”这类自动安全校核很难实现。同时, 由于调度员仅凭日志系统很难确定记录的归属, 要清晰地掌握这次改造乃至全网其他工作的当前情况和历史过程都是十分困难

的,更不用说还要快速辨识电网的薄弱环节。达成这些目标只能依靠调度员的个人记忆和思维重构^[12]。

3 电网调度日志信息模型改造

对照分层认知电网和迅速辨识薄弱环节的需求,原华东网调日志系统显然存在不足,核心问题是其内在信息模型不合理,也由此才能解释日志系统虽经多次软硬件升级,功能却始终差强人意的现状。

3.1 面向设备的调度日志信息模型

原调度日志信息模型如图 1 所示。调度信息根据类别分别录入、存放和展示,设备在这种模型中不是以对象方式整体存在,而是以信息形式散乱存放于各个信息目录。因此,以此为日志系统必然会面临由于设备非对象化所导致的一系列问题,如调度员需要重构信息才能获得对设备和电网的整体理解、数据录入接口多而数据校核功能却难以实现、信息缺乏关联而功能模块间却呈现强耦合关系等。

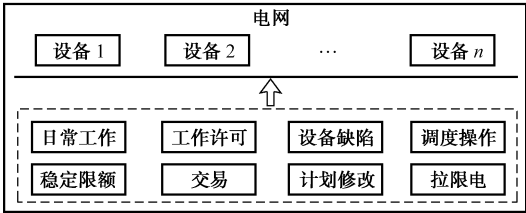


图 1 原电网调度日志信息模型
Fig. 1 Information model of old power dispatch log

通过对原调度日志信息模型的对象化改造,本文提出如图 2 所示的面向设备的调度日志信息模型,即以设备为对象标志,把与设备有关的信息都囊括至对象内部,使设备及其相关信息成为一个整体。实际就是设备以信息集合的方式展现,而电网则作为设备集合来管理。调度员由此可以在设备层次上(而不是各类信息的层次上)建立对电网的认知。

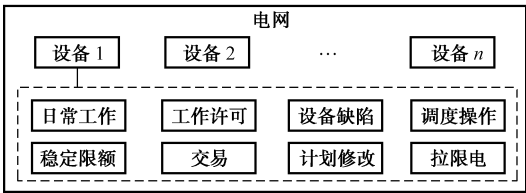


图 2 面向设备的调度日志信息模型
Fig. 2 Event-oriented information model of power dispatch log

面向设备的调度日志信息模型通过增加信息层次降低了每层信息的幅度,因而更接近于人类逐层精细地认识事物的逻辑思维习惯,既提高了认知整

体电网的效率,也增加了聚焦局部薄弱环节的可能。同时,这种面向对象的建模方式也有利于构建弱耦合、易扩展和易维护的软件系统。

3.2 面向事件的电网调度日志信息模型

相比原调度日志信息模型,面向设备的调度日志信息模型虽然有了本质改善,也为采用彻底的面向对象设计创造了基础,但是仅以单个设备作为对象标志,一方面限制了对象内涵的范围,另一方面大量的设备对象仍然让调度员负担沉重。因此,本文进一步提出如图 3 所示的面向事件的电网调度日志信息模型,即以事件为对象标志,同一事件可以涵盖多个设备。通过事件层的抽象,既满足了降低对象数量的认知需求,也符合实际电网中设备、业务紧密关联的现实。

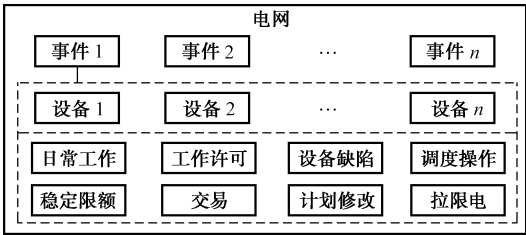


图 3 面向事件的电网调度日志信息模型
Fig. 3 Event-oriented information model of power dispatch log

仍以 500 kV 变电站开关改造为例,若改造中某阶段共有 2 项工作(W1,W2),需要停役 4 个一次设备(线路 A、线路 B、母线 C、主变 D)和 3 个相关二次设备(安控 a1、保护 b1、保护 b2)。这些设备停役引起电网运行方式调整(线路 E 复役),降低断面 G 的稳定限额,并进而影响了 1 个交易(合同 F)。

这些信息在新日志系统中通过“XX 500 kV 变电站开关改造”事件来管理,如图 4 所示。

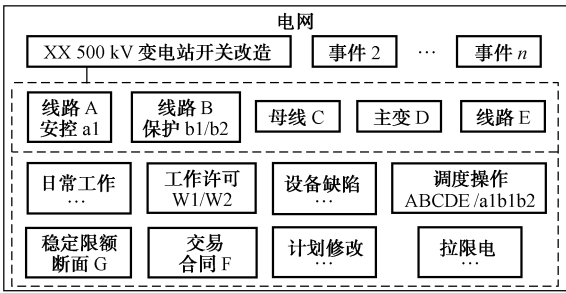


图 4 事件记录示例
Fig. 4 An example of event log

日志系统利用信息间的关联能够自动实现“工作 W1、W2 结束后才能复役设备”、“线路 A、线路 B 不得无保护运行”等安全校核,也能够醒目地提示如“断面 G 稳定限额下降”、“合同 F 无法执行”等运行

限制。借助信息的时间属性,系统还可以清晰地展示事件(即改造工作)的进展过程。实际运行中,类似事件一般同时不会超过 20 个,调度员完全可以承受。

4 面向事件的电网调度日志系统

根据面向事件的电网调度日志信息模型,华东网调对调度日志系统进行了全面改造,在实践中取得了比较好的效果。

4.1 面向事件的系统设计

新日志系统完全采用面向事件的设计。无论是系统底层的数据组织方式,还是数据录入或数据查询的结构,以及调度员交接班方式,都以事件作为基本信息单元。

1) 以事件为核心的数据组织方式

新系统中整个日志由一系列事件组成,相关调度记录围绕事件组织。每个事件或侧重设备的电气联系,或侧重工作的耦合关系,其生命周期由各种记录逐步推演,直至所有相关一次、二次设备都恢复正常状态。

2) 以事件为核心的数据录入和查询

与数据组织方式相适应,调度员数据录入和数据查询也以事件为单位,可由事件索引至具体记录,也可由具体记录追溯至对应事件,嵌入的各种自动安全校核则大幅降低了误记录和误操作的可能。

3) 以事件为核心的交接班方式

新日志中调度员交接班方式从过去交接独立、无联系各类记录转变为交接事件;交接班的实质转变为对各个事件生命演化过程的阐述。

4.2 应用情况

新日志系统于 2009 年 1 月 4 日在华东网调正式投入运行。截至 2009 年 12 月 31 日,系统共建立事件 3056 个,涵盖各类记录 18 989 条,其中“日常工作”调度记录 2 781 条、“工作许可”记录 385 次、“设备缺陷”记录 44 个、“调度操作”记录 12 102 条、“稳定限额”修改记录 2 156 条、“实时交易”记录 210 条、“计划修改”记录 1 311 条。

初步统计,2009 年调度员日常工作关注点数量整体下降 84%,调度员记录和查询的效率提高约 35%,调度交班记录生成和交接班时间减少约 40%。对象化改造成效显著,新系统功能基本满足调度当前工作的需要。

4.3 主要优点

在新日志系统中,“事件”极大地方便了调度员了解电网整体情况和局部薄弱环节,也有助于调度员灵活地追踪电网运行过程。由于能够自动检查数

据的正确性和一致性,校核多种调度安全准则,日志系统为防范误记录、误调度提供了又一个保障机制。

此外,新日志系统还引出了一个理解调度工作的新视角。调度工作原本分类细致、繁杂多样,但在作为事件发展推动因素的意义上却获得了统一的基础。这一基础对调度员建立对电网运行的一致理解、提高工作交接和经验交流的效率都有很大帮助,是对调度工作自身认识的深化。

5 结语

本文对原华东网调调度日志信息模型进行了对象化改造,提出了更符合调度业务需要、更适应调度员逻辑思维方式的面向事件调度日志信息模型,并据此建设了华东网调调度日志新系统。新系统的应用实践证明,该模型不但有力地提高了调度员工作绩效,而且大大降低了调度员误记录、误操作的可能,还为理解和交流调度工作提供了新的视角,在各类调度技术支持系统中具有广泛应用价值。

随着中国各区域电网相继跨入大电网运行时代,各级调度部门在技术支持系统改造过程中可能都存在重新认识调度工作的问题。本文工作表明,对这一问题的理解和深入,其重要性可能更甚于相关软硬件新技术的应用。

参考文献

- [1] 林峰,胡牧,蒋元晨,等. 电力调度综合数据平台体系结构及相关技术. 电力系统自动化,2007,31(1):61-64.
LIN Feng, HU Mu, JIANG Yuanchen, et al. Architecture and related techniques of a power dispatching data platform. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(1): 61-64.
- [2] 张伯明,孙宏斌,吴文传. 3 维协调的新一代电网能量管理系统. 电力系统自动化,2007,31(13):1-6.
ZHANG Boming, SUN Hongbin, WU Wenchuan. New generation of EMS with 3-dimensional coordination. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(13): 1-6.
- [3] 汪胜和,叶恩华,陈家庚,等. 安徽省调度日志管理系统. 电网技术,2000,24(2):57-60.
WANG Shenghe, YE Enhua, CHEN Jiageng, et al. Dispatching record management system in Anhui power system. Power System Technology, 2000, 24(2): 57-60.
- [4] 周坚,黄志龙,祝瑞金,等. 大受端电网稳定分析和安全控制策略研究. 华东电力,2009,37(10):1661-1665.
ZHOU Jian, HUANG Zhilong, ZHU Ruijin, et al. Stability analysis and security control strategies for large receiving-end grids. East China Electric Power, 2009, 37(10): 1661-1665.
- [5] 张磊,励刚,汪德星,等. 华东电网高级调度中心建设一期实践综述. 华东电力,2009,37(6):899-904.
ZHANG Lei, LI Gang, WANG Dexing, et al. Review of the first phase practice of the advanced dispatch center of the East China grid. East China Electric Power, 2009, 37(6): 899-904.

- [6] 王毅,唐陇军. 调度操作技术支持系统体系结构的分析. 华东电力, 2008, 36(1): 85-87.
WANG Yi, TANG Longjun. Architectures of technical supporting systems for dispatch operations. East China Electric Power, 2008, 36(1): 85-87.
- [7] 顾飞飞,唐陇军,孙勇,等. 面向事件的智能化电网调度运行日志管理系统. 电力系统自动化, 2009, 34(4): 1-4.
GU Feifei, TANG Longjun, SUN Yong, et al. An event-oriented power dispatch log management system based on artificial intelligence. Automation of Electric Power Systems, 2009, 34(4): 1-4.
- [8] 刘尧,朱全胜,李卫东. 新一代电力系统运行状态显示平台构想. 电力系统自动化, 2008, 32(5): 68-71.
LIU Rao, ZHU Quansheng, LI Weidong. Conception of a new power system operating status display platform. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(5): 68-71.
- [9] JUN Z, JOSSMAN P. Application of design patterns for object-

oriented modeling of power systems. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14(2): 532-537.

- [10] COAD P, YOURDON E. Object-oriented analysis. Englewood Cliffs, NJ, USA: Yourdon Press, 1990.
- [11] 刘兴堂,梁炳成,刘力,等. 复杂系统建模理论、方法与技术. 北京: 科学出版社, 2008.
- [12] WICKENS C D, LEE J, YILI D L, et al. Introduction to human factors engineering. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Education, 2004.

唐陇军(1977—),男,通信作者,博士研究生,主要研究方向: 电网调度运行. E-mail: tang_lj@ec.sgcc.com.cn

程浩忠(1962—),男,教授,博士生导师,主要研究方向: 电压稳定、电网规划、电能质量、电力市场。

孙勇(1972—),男,高级工程师,主要研究方向: 电力调度生产管理。

Object-oriented Reconstruction of a Power Dispatch Log Information Model

TANG Longjun^{1,2}, CHENG Haozhong¹, SUN Yong², GU Feifei³

(1. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China;

2. East China Electric Power Dispatch and Communication Center, Shanghai 200002, China;

3. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: The supporting role of a dispatch log system in dispatch operation is limited by its irrational information model. In view of the current demands of East China power grid real-time dispatch, an event-oriented dispatch log information model is proposed by twice object-oriented reconstructing the original information model, which is conducive to the hierarchy cognition and weakness identification of the power grid, and a new dispatch log system is built in accordance with this model. The effects of reconstruction show that the event-oriented dispatch log information model is worth promoting for its capability of increasing the efficiency of dispatch and reducing the possibility of maloperation.

Key words: power grid dispatch; log system; object-oriented reconstruction; event-oriented; information model