

基于 SCADA 系统的地区电网调度操作票系统的设计

徐俊杰¹, 赵京虎¹, 饶明军², 史金伟¹, 任远¹

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210061; 2. 浙江衢州电力局, 浙江 衢州 324000)

摘要: 提出了基于数据采集与监视控制系统 (SCADA 系统) 的地区电网调度操作票系统的设计方案。利用 SCADA 系统作为支撑平台来获取电网模型和实时运行方式, 解决了传统的操作票系统与 SCADA 系统之间接口的不稳定性, 为智能成票提供了真实的环境。在接线图上进行点图模拟预演成票, 并在模拟过程中提供精确严密的安全校验, 确保生成操作票的正确性, 达到调度操作前预分析和预控制目标。系统已经在衢州地调投入了运行, 运行情况表明从很大程度上减轻了调度员的工作强度, 提高了开票速度和质量, 极大地提升了调度管理水平。

关键词: 调度操作票; 智能成票; 模拟预演; 安全校验; 拓扑五防

Design of dispatching operation order systems based on SCADA system for regional power networks

XU Jun-jie¹, ZHAO Jing-hu¹, RAO Ming-jun², SHI Jin-wei¹, REN Yuan¹

(1. NARI Technology Development Co., Ltd, Nanjing 210061, China;

2. Quzhou Electric Power Corporation, Quzhou 324000, China)

Abstract: A design schema is put forward concerning dispatching operation order system based on SCADA system for regional power grid. The system obtains power grid model and real-time operation mode by SCADA system as supporting platform. It solves the interface instability of traditional operating order system with SCADA system. The system simulates to form operation order with actual grid modal data, and then implements system topology five-anti check and power flow check during simulation in order to create operation order accurately. The process reaches to pre-analyze and pre-control objection before dispatching operation. The system developed has been put into operation in Quzhou dispatching center, the running results show that the system reduces work intensity of dispatchers to a great extent, increases the speed and quality of forming operation ticket, and greatly improves the level of dispatching management.

Key words: dispatching operation order; smart-form operation order; simulation preview; safety check; topology five-anti

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)13-0104-04

0 引言

随着地区电网的快速发展, 电力系统的结构和运行方式日趋复杂, 原有的各种计算机辅助生成操作票系统已经不能够满足电网调度开票操作的需要。由于调度运行人员在电网中担负着指挥电网运行的任务, 因此, 必须要熟练和准确地掌握电网运行方式和调度操作技能。现有的调度操作票系统多数是基于专家系统开发的智能生成操作票, 人工设定操作目标方式, 系统自动生成操作步骤序列, 长期使用将导致调度运行人员经验的退化。专家操作票系统多数为离线开票系统, 开票环境与实际电网

运行方式不能对应, 造成运行人员缺少对电网调度安全的全面把握。

基于专家系统的调度操作票系统着重于专家系统的应用, 致力于实现操作票生成的智能化, 系统配备了丰富的知识库, 加入了推理算法, 实现给定操作目标, 专家系统自动生成操作步骤序列^[1-4]。主要有数据库操作票系统, 图形化界面辅助生成操作票系统和智能推理操作票系统^[5-6]。现有的系统多数都是针对具体的电网进行设计和开发的, 通用性有待提高, 无法在地区电网调度中心进行推广。造成系统无法推广的原因有: ①图形开票时不能获取电网实时运行方式, 需要人工设置电网运行方式, 即使通过与 SCADA 系统之间接口, 也造成数据同步方式不稳定和复杂多变等问题。②模型、图形不能

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目 (2008BAA13B06)

做到方便地与 SCADA 系统共享,需要新建一套模型和图形数据,日常维护工作量大。③模拟预演生成操作票过程中缺少精确严密的安全校验。④无法做到在一次系统接线图上对二次设备的智能出票。

本文提出了基于 SCADA 系统进行地区电网调度操作票系统的设计。系统以 SCADA 系统为支撑平台,与 SCADA 系统共享一次设备图形和模型,实现实时获取 SCADA 系统运行方式数据,解决了操作票系统与 SCADA 系统之间接口的不稳定性^[7];系统以实际电网的网络拓扑为基础,调度运行人员针对电网厂站接线图,按照正确的操作思路来模拟预演操作,根据模拟操作自动生成操作步骤,即点图开票。在模拟成票过程中,具备精确严密的系统拓扑五防校验和潮流校验,保证生成操作票的安全。通过智能化接口从调度员培训仿真系统(以下简称 DTS 系统)获取二次设备模型,并在规则库中增加二次设备操作规则,实现二次设备智能出票。

1 系统结构

1.1 系统软件模式

系统采用 C/S 架构模式,在开发技术上采用了 CORBA、JAVA、QT 等先进的软件技术,实现了系统的跨平台运行。C/S 架构模式可以减少系统对客户端机器的硬件配置要求,减少投资成本,降低系统建设费用。跨平台技术为系统后续硬件升级提供了极大的方便性。

1.2 系统的硬件配置

基于建设成本考虑,系统数据库服务器共用 SCADA 系统数据库服务器;但是为了减少系统运行对 SCADA 系统的影响,在地区电网中一般将操作票服务器单独部署,为了增加系统的稳定性,将 SCADA 系统服务器作为操作票系统服务器的热备节点。维护工作站和开票工作站可以较灵活地选择硬件配置。系统硬件配置图如图 1 所示。

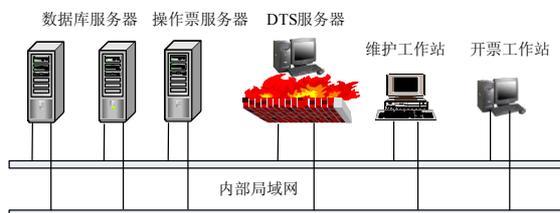


图 1 系统硬件配置图

Fig.1 Hardware configure chart of system

2 系统数据库设计

准确而完整的数据库是图形智能成票和安全校

验分析的基础。系统采用和 SCADA 系统共用历史商用库,可以方便而安全地从 SCADA 系统获取网络模型和拓扑关系数据。SCADA 系统的数据库一般采用了主备两台服务器,两台数据库服务器之间的数据自动完成同步和复制,这样可以确保一台服务器发生故障,系统仍然能够正常工作;利用 SCADA 系统历史数据服务器的“1+N”功能,进一步提升数据安全能力。“1+N”功能就是当两台服务器都发生故障了,系统在运行期间保存的数据将自动地恢复到商用数据库上。这种设计充分考虑了各种情况发生(服务器主备的切换,故障)历史数据的连续性和一致性,从而保证历史数据的正确性和完整性。

系统数据库主要包括一次模型库、二次模型库、拓扑关系库、规则库和操作票库。通过设置多种数据库接口可以实现系统配置、操作票高级查询和统计分析的方便。系统的数据库结构,如图 2 所示。

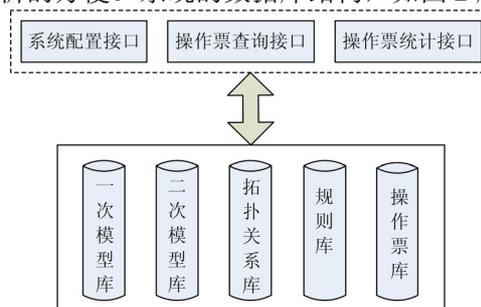


图 2 数据库结构图

Fig.2 Database structure

3 系统模块设计

系统设计以满足地区电网调度操作运行人员实际开票工作需求为出发点,以最大化操作票的智能生成和安全校验为目标,同时方便管理人员进行操作票的管理和考核。系统模块主要分为支撑平台、数据库、配置管理、操作票生成、安全校验、操作票管理及与 DTS 系统的接口。系统的模块结构关系如图 3 所示。

(1) 支撑平台

系统支撑平台采用了 SCADA 系统平台,可以直接使用建设好的 SCADA 系统平台提供的各项公共服务功能。如模型管理、告警服务、系统管理等。通过这些服务,减少系统对公共服务需求的设计与开发。

(2) 数据库

数据库模块实现了系统从 SCADA 系统获取一次设备模型数据,同时通过接口从 DTS 系统获取二

次设备模型数据，为操作票生成提供了各种基础数据。

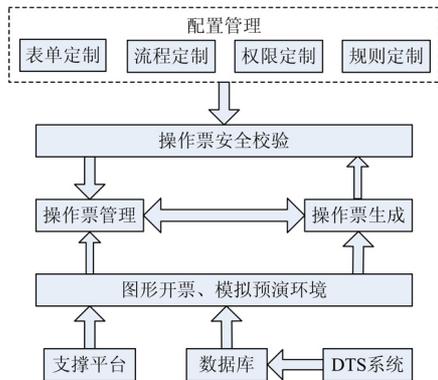


图3 系统模块结构关系图

Fig.3 Structure relations of system module

(3) 配置管理

配置管理主要提供表单定制、流程定制、权限定制和规则库定制。表单定制实现用户自由定制操作票的表单格式，为操作票系统的通用性提供了条件。流程定制采用了“工作流”技术提供专用的操作票表单业务流程管理工具，管理员可以对操作票流程的组成环节，各环节的负责角色、以及各环节之间的流转，进行所见即所得的编辑修改及其掌控。通过流程定制可以实现操作票灵活高效的流转，为实现操作票的无纸化作业提供了基础。权限定制主要有功能权限、数据权限、流程权限。功能权限是配置角色在流程环节对操作票管理中具体功能菜单项的可见性，保证各角色在各流程环节得到正确的功能菜单。数据权限是配置各角色对操作票表单中各个字段在流程环节的读、写和处理权限。流程权限是配置操作票流程的访问控制权。规则库是描述图票一体化的基本框架，支持操作票的出票、成票以及解释等过程。规则库定制有操作术语定义、一次规则和二次规则定义、规则框架定义。

(4) 操作票生成

系统提供四种操作票生成方式：点图成票、典型票生成、历史票生成、离线写票。点图成票是系统区别于其它操作票系统的主要特点之一，以下将着重介绍点图成票的实现原理。

系统点图成票不但提供了一次设备成票，而且提供了二次设备的成票，真正地实现了操作票智能生成。传统的操作票系统一般仅提供一次设备点图成票，无法做到二次设备点图成票。这是因为在操作票系统中缺少二次设备模型，并且无法做到将二次出票规则与一次设备关联。系统通过与DTS的接口和规则框架为二次设备的点图成票的实现提供了

条件。

由于系统是基于SCADA系统平台开发的，所以为了实现系统和SCADA系统模型及数据之间的可靠隔离，系统在图形开票环境下利用模型同步和数据同步两种操作方式保证了模型和运行方式数据的实时同步，从而保证了SCADA系统的数据安全。模型同步是当SCADA系统模型发生变化时，系统通过触发自动同步获取。数据同步是将电网实时运行方式在开票时通过触发同步到图形开票环境下，在系统新建操作票时自动完成数据同步，以保证开票环境的真实性。通过对模型同步和数据同步技术的研究，系统支持多份数据断面，达到了多人同时开票之间互不影响。

地区电网SCADA系统都已有网络拓扑分析功能，并具备设备状态的认知能力。系统在此基础上定义了一次设备的所有基本单元操作，即拉合开关、拉合刀闸、拉合接地刀闸。调度所有的操作都是上述6种操作之一或者组合。将基本单元操作的不同组合操作定义成不同的操作任务（即调度综合操作令）来实现生成操作步骤序列，这种操作步骤生成序列过程就是图形上模拟预演的过程，也就是点图成票的过程。图4给出了一个开关操作任务在图形上模拟预演过程，系统在完成这个模拟过程后，自动将操作步骤序列写入到操作票票面上，从而完成点图成票。

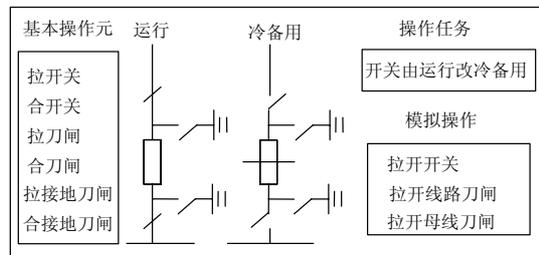


图4 开关操作模拟预演

Fig.4 Simulation preview of switch break operation

(5) 安全校验

随着调度自动化系统的发展，安全校验在操作票系统中作用越加重要，对调度操作进行安全校验是防止电力系统出现误操作的可靠保证^[8-9]。系统在点图成票中引入了系统拓扑五防校验和潮流校验双重校验机制，从最大程度上保证智能生成操作票的安全。

1) 系统拓扑五防校验

传统的“五防”是指防止电力系统倒闸操作中经常发生的五种误操作事故，即误分合开关、带负荷拉合隔离开关、带地刀合隔离开关、带电合地刀（挂

接地线)以及误入带电间隔,这种五防主要应用于变电站的防误操作,鲜有用于调度防误操作。本系统将图形网络拓扑关系库和知识库结合起来,抽象了“五防”要求设备之间的基本逻辑闭锁关系,并将这种逻辑关系应用于全网,实现系统拓扑五防校验。

区别于传统五防,系统拓扑五防以全网设备为网络拓扑,处理信息量大。与传统五防比较的优点有:①设备之间闭锁逻辑关系的免维护。传统五防需要人工定义每一个设备和其他设备之间的操作闭锁关系。系统拓扑五防自动根据网络拓扑结构判断闭锁关系。②系统拓扑五防突破了传统五防的站内防误界限,从全网角度对操作进行防误校验和危险点分析,帮助运行人员把好安全关。

2) 潮流校验

准确地掌握潮流的变化对调度操作安全特别重要。系统在拓扑五防校验的基础上增加潮流校验,从而进一步地保证调度操作的安全。潮流校验主要是针对电网运行方式改变时,判断当前操作是否导致线路过载、电压越限、母线失电甚至潮流方向的改变等。如果操作有越限,系统给出计算结果并发出警告。在开关操作合环的时候,系统实时检测合环设备是否带上负荷,否则不允许合环操作;解环的时候要确认解环设备无潮流,以避免开关的假分合。

为了减少潮流计算次数,系统在潮流计算启动策略上进行了有效处理。只有在五防校验通过并且有支路投退的时候,才启动潮流计算模块。系统计算潮流将会根据设备状态变化对电网的影响启动全网潮流计算和局部潮流计算。通过这种策略处理,提高了潮流校验的效率。

(6) 操作票管理

系统提供了全面和丰富的操作票管理功能,具体的功能有:票的新建、典型票管理、票的编辑、保存、打印、票的流程管理、票的模拟和校验、票的统计与查询等。

(7) 与 DTS 系统的接口

在调度中心各系统中,一般在 DTS 系统有维护完整的二次设备模型。考虑到数据资源共享,系统通过开发接口从 DTS 系统获取了二次设备模型。在接口方式数据传输上,系统采取了定期和不定期两种方式。当 DTS 系统中二次模型有变化时,操作票系统会收到变化消息,确定是否更新。为了提高系统数据的安全性,系统需要使用手动方式决定是否同步变化模型。

从 DTS 系统中获取二次设备模型后,通过定义二次设备规则和规则框架,实现二次设备点图智能出票。通过与 DTS 系统的配合,在系统中根据二次

设备的实际配置,实现故障解列装置的二次防误。即当母线停役的操作,如果该母线属于故障解列装置所采集电压的母线,那么操作模拟时会告警该操作将引起故障解列保护动作。同样的原理适用于各类解列装置。但是一二次设备之间的闭锁防误规则目前难以实现,需要后续深入研究。

4 结论

地区电网调度操作票系统充分利用了 SCADA 系统平台提供的功能,实现系统图形和模型的免维护功能,并实时地获取电网运行方式,为智能开票提供了真实的环境。在点图成票过程中融入系统拓扑五防校验和潮流校验等安全分析,达到调度操作前预分析和预控制目标。通过与 DTS 系统接口获取二次设备模型和设置规则框架从而实现了二次设备智能出票。目前系统已经在衢州地调投入了运行,运行情况表明系统从很大程度上减轻了调度员的工作强度,提高了开票速度和质量,极大地提升了调度管理水平。

参考文献

- [1] 杨继涛,胡明,吴琼,等. 电网调度操作票专家系统的设计与开发[J]. 继电器, 2004, 32(15): 45-47. YANG Ji-tao, HU Ming, WU Qiong, et al. Design and development of dispatching sheet expert system for power network[J]. Relay, 2004, 32(15): 45-47.
- [2] 郑晓波,王海滨,董秀成,等. 智能型电网调度操作票专家系统[J]. 继电器, 2006, 34(20): 32-35. ZHENG Xiao-bo, WANG Hai-bin, DONG Xiu-cheng, et al. Intelligent dispatching operation order expert system[J]. Relay, 2006, 34(20): 32-35.
- [3] 林媛媛,王建华,刘志峰,等. 智能化操作票专家系统的研究[J]. 继电器, 2005, 33(24): 59-62. LIN Yuan-yuan, WANG Jian-hua, LIU Zhi-feng, et al. Research of an expert system for generating operation sequences of substation[J]. Relay, 2005, 33(24): 59-62.
- [4] 周明,林静怀,杨桂钟,等. 新型智能电网调度操作票自动生成与管理系统的[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(11): 71-74. ZHOU Ming, LIN Jing-huai, YANG Gui-zhong, et al. New-type intelligent dispatching operation order system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 71-74.
- [5] 林济铿,李振斌,覃岭,等. 基于任务规则树实现厂站自动开操作票[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(2): 82-87. LIN Ji-keng, LI Zhen-bin, TAN Ling, et al. An automatic sequence switching system for substation based on rule tree of operation task[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(2): 82-87.

(下转第 112 页 continued on page 112)

足电力系统中电压电流信号计算精度要求。另外，系统中还采用了嵌入式操作系统，可极大地方便系统以后的升级和扩展。

参考文献

- [1] 李波, 陈剑云, 等. 基于TMS320LF2407的高速数据采集系统设计与实现[J]. 继电器, 2008, 36(5): 59-62.
LI BO, CHEN Jian-yun, et al. Design and implementation of a high-speed data acquisition system based on TMS320LF2407[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2008, 36(5): 59-62.
- [2] 刘和平, 等. TMS320240x DSP结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
LIU He-ping, et al. TMS320240x DSP configuration, principle and application[M]. Beijing: Beijing University of Astronautics and Aeronautics Press, 2002.
- [3] Maxim Integrated Products. MAX125/MAX126 datasheets[EB/OL]. <http://www.maxim-ic.com.cn>, 1998.
- [4] 王建飞, 阎建国, 卢京潮. μ C/OS-II在TMS320LF2407

上的移植[J]. 微型电脑应用, 2005, 21(3): 54-56.
WANG Jian-fei, YAN Jian-guo, LU Jing-chao. μ C/OS-II porting on TMS320LF2407[J]. Microcomputer Applications, 2005, 21(3): 54-56.

- [5] 王国梁, 胡红兵, 齐维红, 等. 基于数字信号处理和 μ C/OS-II的馈线终端设备设计方案[J]. 江苏电机工程, 2009, 28(2): 47-49.
WANG Guo-liang, HU Hong-bing, QI Wei-hong, et al. The design of feeder terminal unit based on DSP and μ C/OS-II [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2009, 28(2): 47-49.

收稿日期: 2009-07-30; 修回日期: 2009-09-30

作者简介:

左丽霞(1982-), 女, 助教, 硕士, 研究方向为电力系统继电保护和数字信号处理; E-mail: lxzuo@4y.com.cn
邓芳芳(1974-), 女, 实验师, 研究方向为信息管理;
卢山(1991-), 男, 本科, 研究方向为控制科学。

(上接第 107 页 continued from page 107)

- [6] 王海滨, 王占朝, 郑晓波, 等. 图形辅助智能开票专家系统的设计与实现[J]. 继电器, 2007, 35(23): 35-38.
WANG Hai-bin, WANG Zhan-chao, ZHENG Xiao-bo, et al. Design and realization of expert system of graphics aided intelligent switch generation[J]. Relay, 2007, 35(23): 35-38.
- [7] 张建国, 刘智广, 陆杏全, 等. 电网调度智能化检修票和操作票系统的设计与实践[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(7): 78-81.
ZHANG Jian-guo, LIU Zhi-guang, LU Xing-quan, et al. Design and practice of the intelligent maintenance and switching scheduling system of the power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(7): 78-81.
- [8] 许先锋, 龚成明, 杜红卫, 等. EMS中系统拓扑五防的设计和实现[J]. 电网技术, 2006, 30(增刊): 76-79.
XU Xian-feng, GONG Cheng-ming, DU Hong-wei, et al. Plan and realization of mis-operation prevention based on

topology in energy management system[J]. Power System Technology, 2006, 30(S): 76-79.

- [9] 郭创新, 朱传柏, 曹一家, 等. 基于多智能体的全面防误策略及智能操作票生成系统[J]. 电网技术, 2006, 30(4): 50-54.
GUO Chuang-xin, ZHU Chuan-bai, CAO Yi-jia, et al. An overall anti-maloperation strategy based on multi-agent system and implementation of intelligent switching order generation system[J]. Power System Technology, 2006, 30(4): 50-54.

收稿日期: 2009-07-22; 修回日期: 2009-10-10

作者简介:

徐俊杰(1979-), 男, 硕士, 从事电力系统应用软件的研究、开发和工程化工作; E-mail: austin_xu@163.com
赵京虎(1972-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事配电网自动化及电力系统分析应用软件的研究;
饶明军(1974-), 男, 硕士, 从事电网调度工作。