

智能型电网调度操作票专家系统

郑晓波¹, 王海滨¹, 董秀成¹, 王占朝¹, 郑平²

(1. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039; 2 成都热电厂, 四川 成都 610072)

摘要: 针对现有电网调度操作票系统多为离线的单一智能体系统, 在智能化、实时性、通用性、可维护性、安全审核方面的不足, 提出了建立在分层的网络模型基础上的可维护的规则模板, 解决了专家系统的通用性、可维护性问题, 并基于多智能体研究了专家系统与 SCADA 系统实时共享数据、与调度管理信息系统 (DM IS) 之间智能协作机制, 并且在多智能体的分工协作、解决电网具体问题、安全审核等方面做了深入研究, 设计和实现了基于多智能体的电网调度操作票专家系统。本系统以企业实际需求为应用前景, 对提高企业电网管理系统自动化水平也具有重要的现实意义。

关键词: 专家系统; 网络模型; SCADA 系统; 调度管理信息系统; 多智能体

中图分类号: TM743; TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)20-0032-04

0 引言

电气操作票制度是我国电力系统运行管理中一种防止误操作的有效安全措施。目前现有运行的调度操作票系统能够对一些典型票进行推理而自动生成, 但对于复杂的操作任务大多是“以机代笔”, 或者对典型票、历史票进行修改。虽然有大量研究力图解决这个难题, 但由于调度规则的多样性和易变性, 使智能地生成操作票受到很大制约。电力系统在不断地发展, 其系统的网络结构及其运行方式都将会不断地变化, 急需进行网络重构, 电网操作方式也将会发生变化, 专家系统的知识库也要不断地更新, 这样, 使其通用性和维护性增加了难度。另外, 由于过去的操作票系统较少跟实时运行的电网监控系统连接, 因此很少考虑到实时的安全校核分析。

本系统以多智能体为基础, 基于分层结构的规则设计, 采用应用数据库与面向对象的编程 (OOP) 技术设计实现。通过多智能体 (MAS) 和 SCADA 系统与子站实时进行数据交换和分析, 来检测电网的实时运行情况, 并建立了用户可维护的知识库、规则库、逻辑库和术语库等, 用户在网络拓扑图上点击生成操作票后智能地在与通过 SCADA 系统连接的模拟演示模块上进行模拟, 通过后, 将模拟操作正确序列步骤项显示出来, 并提示可以进行现场操作, 解决了安全校核由于数据不及时所带来的误操作。

基金项目: 四川省教育厅自然科学基金重点项目 (2004A116); 西华大学人才引进基金项目 (R0620907)

1 系统总体设计

智能体系统是人工智能研究领域的一个崭新的发展方向。每个智能体各自都有控制线程, 整个系统的协调是分布式的, 通过每个智能体之间的协作完成。而整个系统只有一个控制线程, 系统的协调是集中式的。系统基于多智能体分三层的网络结构如图 1, 其中用户层针对不同权限用户进行不同操作。应用层以多智能协调模块为中心, 为整个系统提供智能的协作。数据层存贮所有相关的业务数据, 包括系统的知识库、逻辑库、规则库、术语库、SCADA、DM IS 操作票库等。通过对电网结构、接线形式、设备类型等分析, 按照电力系统调度运行规程及倒闸的“五防”要求, 依据专家系统理论建立知识库; 知识库提供了所有的操作规则、术语和图形模块库, 使手工编制操作票、图形开票、智能开票和系统管理维护、升级变得更加简单方便。知识库还提供权限库、流程管理库和痕迹保留库, 使对于不同操作人员继续各自的运行工作而不能越权操作, 并且保留各自的工作记录, 将编制操作票的责任精确到人。运用图形建模工具对各种电气设备、拓扑关系、设备状态等进行分层和单元化处理; 依据逻辑库进行推理, 调用规范的操作术语, 生成操作票。通过智能体接受 SCADA 系统提供的电网运行实时数据, 对生成的操作票在模拟演示模块进行模拟演示和安全审核, 并通过 DM IS 向子站发送这张操作票。使系统在完全安全的状态下进行操作。

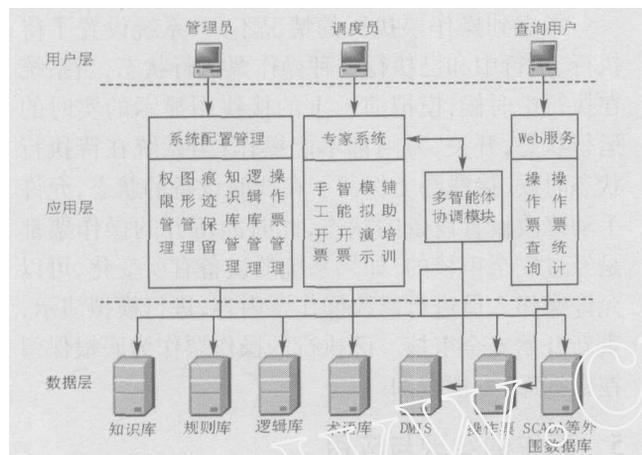


图 1 系统分层的网络模型图

Fig 1 Network model of system based on hierarchy

2 多智能体系统规划理论和在操作票专家系统中的应用

多智能体系统 (MAS) 整体性能的一个关键性指标就是全局连贯性, 一个 MAS 系统可以通过规划活动来提高求解的效率和增强系统求解的连贯性。多智能体规划方法按照规划过程与执行过程参与智能体的不同, 可以分为分布式计划的集中规划、集中规划的分布规划和分布计划的分布规划 3 种。根据电网调度的规则, 可以对所有子站进行统一的控制, 所以使用分布计划的集中规划方法比较合适。分布计划的集中规划方法是指由一个智能体集中构造由多个智能体参与完成的行为计划, 然后, 计划发送给各智能体, 各智能体以分布的形式并发执行计划, 相互协作完成任务, 该方法的思想可以用如下算法描述^[2]:

1) 已知一个目标描述, 算子集合和初始状态描述, 产生一个部分序列计划。

2) 将计划分解成满足序关系的子计划, 并使计划之间的交互最少。

3) 将子计划之中加入同步活动。将完成不同任务的子计划分配给相应的智能体, 如果任务分配成功, 在子计划中加入详细的智能体同步活动信息; 如果任务分配不成功, 则转向步骤 2) 重新进行计划分解。

4) 进行初始化, 开始执行计划, 同时监控计划的执行过程, 并根据各智能体的反馈信息优化或调整计划, 保证高效达到目标。

在电网中, 多智能体采用自下而上的研究方法, 通过对系统子站的状态和信息的研究, 建立子站状

态和信息的数据库, 将子站映射成为 Agent, 将子站的状态映射成 Agent 的属性, 将子站的信息映射成子站的方法, 利用 Agent 间的自治、推理、通信和协作机制, 子站之间既相互独立又交互作用的现象, 从而研究系统整体结构的状态和信息。系统中的智能体实时监测电网工作状态和环境状态, 利用多个智能体系统, 实时采集当前环境状况的数据, 并对其提供的信息进行融合, 根据信息融合和数据处理的结果, 判断当前电网的工作状况, 如果产生异常, 子站的智能体依据系统智能体的调度, 对子站的状况进行组织和分析然后返回给系统的智能体, 根据信息处理结果判断任务的要求, 决定采取的具体解决策略。然后将具体的控制分配下一层的审核智能体, 审核智能体校验无误后, 直接生成策略。多智能体协作解决电网故障的流程图如图 2。

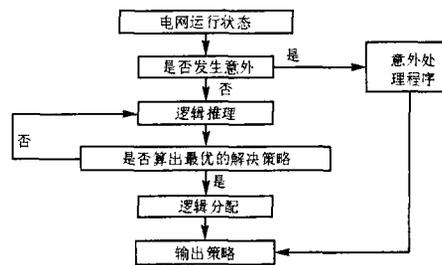


图 2 多智能体协作解决电网故障的流程图

Fig 2 Flow chart of multi-agent cooperation settle malfunction of electric network

3 数据库模板设计与专家系统开票的动态实现

数据库的模板基于电气设备的操作以及状态描述, 而二者都可以用二值变量表示, 设一个完整操作任务涉及到状态改变的设备数目为 n , 用 $T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{in}$ 依次代表这 n 个设备在数据库中表述设备状态的字段值, 其中 $i=0$ 表示 SCADA 实时数据库, $i=1$ 表示操作票生成系统的动态数据库。表示现场操作的设备状态二值函数表达式为 $Q_0(T_{01}, T_{02}, \dots, T_{0n})$, 操作票生成系统中对应的表示本操作的设备状态二值函数表达式为 $Q_1(T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n})$, 其中 K_i 取值为“0”和“1”, “0”代表开关断开或刀闸拉开, “1”代表开关合上或刀闸推上^[5]。

数据库的模板与专家系统动态开票实现的流程图如图 3 所示。系统采用了框架推理和多智能体系统 (MAS) 相结合的多个智能推理机协同工作的方式, 应用层的多个推理机与数据库层的智能连接反馈给用户层一个简单操作界面和智能的编辑和修改

调度操作票的方式,从操作任务 - 调用知识库和实时的电网状态 - 开票 - 模拟演示 - 形成操作票,每一步都经过推理机和数据库的严格检验,动态实现就是开票过程的每一步都与数据库的相应智能和逻辑推理部分对应,达到实时帮助,实时校验的目的。防止错误地开出不规范和错误的操作票,同时也提高了操作票的自适应性和可维护性。

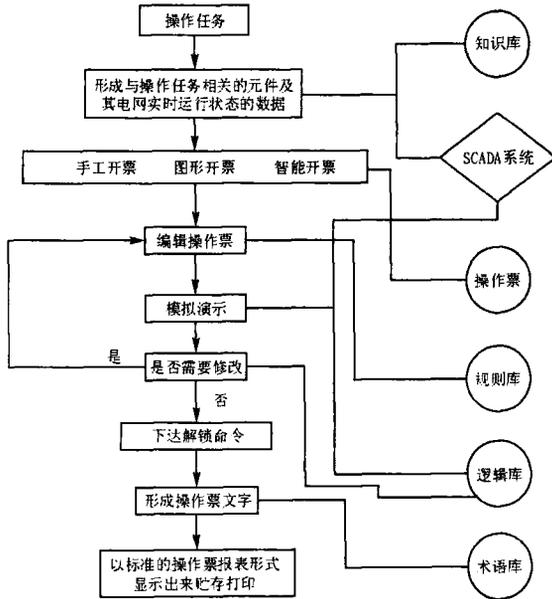


图 3 数据库模板与专家系统动态开票实现的流程图
Fig 3 Flow chart of database template and expert system dynamic order

4 安全审核的实现

安全审核是为确认开出的操作票的可行性,保证某设备状态的变化与当前运行方式以及其他设备状态配合。安全审核的判断依据是数据库与规则库。通过 SCADA 系统获得系统实时的数据信息,依据现场设备的防误操作规程用自然语句进行与关系和或关系描述,推理一个设备能否被安全操作^[4],操作后反馈回数据库,以保证每次现场操作的设备和操作票中的设备一致性。理论上,安全审核是现在的数据操作的设备状态二值函数和操作票生成系统中对应的表示本操作的状态二值函数进行异或运算即: $Q_1(T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}) \oplus Q_0(T_{01}, T_{02}, \dots, T_{0n})$,具体实现就是将操作票中所涉及到状态改变的所有设备放在一个设备表中,系统通过 SCADA 获得现场的设备和设备表中的对应,并通过规则库进行审核,如果可以进行操作就发出解锁命令,通过审核,否则,运行人员中断或修改此操作票。

考虑到操作票执行的情况不一,系统设置了待执行、执行中和已执行 3 种操作票执行状态,当系统在执行中时候,模拟演示上的接线图显示的实时的运行状态,开关、刀闸都不能操作;当系统在待执行状态时候,接线图上保留了在线时设备的状态,允许手动修改设置设备的状态,此时的所开的操作票都是经过安全审核的,如果系统的设备有所变化,可以允许操作人员进行修改操作票内容,进行模拟演示,重新开始安全审核。已执行的操作票作为底根保留在数据库,方便查询。

5 系统的实现与应用

本文基于多智能体,数据库模板思想,采用 Delphi7.0, SQL server 为开发工具,采用应用数据库技术和面向对象的编程技术来实现电网调度操作票专家系统,本系统采用最新的图形处理技术,先进的痕迹保留技术和完善的流程化控制彻底解决了过去人工编制操作票责任不能精确到人的问题。系统的操作分为手工开票、图形开票、智能开票和模拟开票并带有培训功能。智能开票界面如图 4。利用多智能体系统(MAS)实现与 SCADA 系统实时共享数据,使系统能够利用实时的真实数据,避免以往离线开票所带来的误操作,并通过安全审核保证开票的准确性,目前正在某电厂进行系统的调试运行。



图 4 智能开票界面
Fig 4 Interface of intelligent operation order

6 结语

本文提出了将多智能体系统应用于电网调度操作票专家系统的开发与实现,研究了多智能体与 SCADA、DM IS 系统之间的协作解决电网故障。提出了数据库模板设计与专家系统动态开票的实现。开发实现了根据实时的电网状态进行手工开票、图形开票、智能开票、模拟演示、安全审核、痕迹保留等

多种功能于一体的电网调度操作票专家系统。数据库模板的设计和专家系统动态开票的实现证明了具有较好的通用性、可维护性。实践应用表明,该系统可以大幅度提高开票的正确率。

参考文献:

- [1] 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实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 11(28): 71-74.
ZHOU Ming, L N Jing-huai, YANG Gui-zhong, et al New-type Intelligent Dispatching Operation Order System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 11(28): 71-74.
- [2] 张颖,刘艳秋. 软计算方法[M]. 北京:科学出版社, 2002.
ZHANG Ying, L U Yan-qiu. Soft Computing Method[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [3] 刘云江,韩光胜. 基于多智能体规划的机器人足球决策模型[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(7): 871-873.
L U Yun-jiang, HAN Guang-sheng. Decision-making Model for Robot-soccer Based on Multi-agent[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2004, 36(7): 871-873.
- [4] 王少荣,程时杰,田莉芬,等. 基于可视化网络的防误操作系统[J]. 继电器, 1999, 27(2): 29-31.
WANG Shao-rong, CHENG Shi-jie, TIAN Li-fen, et al Anti-maloperation System Basing on Visual Network[J]. Relay, 2004, 36(7): 871-873.
- [5] 陈炜,李晓明,王平,等. 基于动态数据复制的操作票生成系统[J]. 电力科学与工程, 2003, (3): 54-57.
CHEN Wei, LI Xiao-ming, WANG Ping, et al Formation of Operation Orders System Based on Dynamic Data Replication[J]. Electric Power Science and Engineering, 2003, (3): 54-57.
- [6] 郑晓波,王海滨,董秀成,等. 基于分层的在线生成电网调度操作票专家系统[J]. 西华大学学报, 2005, (5): 40-42.
ZHENG Xiao-bo, WANG Hai-bin, DONG Xiu-cheng, et al Expert System for On-line Formation of Dispatching Operation Order Based on the Hierarchy Rules[J]. Journal of Xihua University, 2005, (5): 40-42.
- [7] Nagata T, Nakayama H, Utatani M, et al. A Multi-agent Approach to Power System Normal State Operations[J]. IEEE, 2002: 1582-1586.

收稿日期: 2006-05-08; 修回日期: 2006-06-18

作者简介:

郑晓波(1980-),男,在读研究生,助教,主要研究方向为变电站综合自动化;E-mail: langzi_@tom.com

王海滨(1964-),女,博士,教授,主要研究方向电气设备在线检测与故障诊断。

Intelligent dispatching operation order expert system

ZHENG Xiao-bo¹, WANG Hai-bin¹, DONG Xiu-cheng¹, WANG Zhan-chao¹, ZHENG Ping²

(1. Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. Chengdu Thermal Power Plant, Chengdu 100072, China)

Abstract: Many existing dispatching operation order systems are the off-line and individual agent lack of intelligence, real-time, universality, maintainability and security verification. Based on hierarchy network model, maintainable dynamic rules template is designed to solve the universality and maintainability of expert system. Based on multi-agent approach, this paper researches SCADA with expert system to provide real-time information, and cooperating mechanism of expert system with management information system. This paper emphasizes the cooperation of multi-agent the realization of database template and security verification and so on. The dispatching operation order expert system is developed based on multi-agent. This system faces to the enterprise's actual demand, and has important realistic meanings in raising the automatic level of administrative system of enterprise's electronic network.

Key words: expert system; network model; supervisory control and data acquisition system; dispatching management information system; multi-agent