

# 电力操作票在线自动生成系统的设计与实现

王 俊, 胡 燕

(武汉理工大学 计算机科学与技术学院, 湖北 武汉 430070)

**摘 要:**针对现有调度操作票自动生成系统大多为离线的单一智能体系统,在智能化、安全性校核、流程化审核执行等方面需要提高的现状,提出建立操作规则模板及用户可维护机制解决操作规则描述、学习及推理的通用化问题,开发和实现了与 SCADA 系统共享实时数据,与管理信息系统集成的集自动开票、手工开票、模拟预演、流程化审核、执行与管理等多种实用功能于一体以及用户可维护的新型智能化电网调度操作票系统。

**关键词:**电网调度;调度操作票;操作规则;知识表示

**中图分类号:**TP18

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2007)05-0089-03

## Design and Realization of Automatic Online Formation System of Switching Sequences Ticket for Power System

WANG Jun, HU Yan

(College of Computer Science and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** The existing switching sequences ticket automatic formation systems are mostly the off-line single agent system, and need improving in the aspects of intellectualized, security checking and flow verification execution. In view of this situation, proposed to establish operation rules template and users' maintainability mechanism to solve the universalized question of the operation rules' description, study and consequence. Developed and realized a new intellectualized switching sequences ticket formation system for power grid. This system combines with the management information system and shares the real-time data with the SCADA system. It has maintainability and integrates many kinds of applied functions: automatically ordering ticket, manually writing ticket, simulation preview, flow verification, and the execution and management.

**Key words:** power grid dispatching; switching sequences ticket; operation rule; knowledge expression

## 0 引 言

随着现代技术的发展,电力系统的规模越来越大,运行操作也越来越复杂。每日的操作产生大量的操作票,对这些操作票的产生和执行使调度员的大脑一直处于紧张状态,稍有疏忽,就会造成重大事故。为减少事故,保证电力系统的安全运行,电力调度操作票系统的研究是很重要和必要的。

电力操作票自动生成系统多采用专家系统技术进行设计,它吸取了调度员的丰富经验,总结各种操作规则,做到了准确、清晰、迅速等要求。一方面将调度员从复杂的劳动中解脱出来,集中精力去解决电网安全、经济运行中更深层的问题;另一方面弥补了新调度员操作经验不足的缺点,避免由于经验不足造成的疏漏。

文中介绍的调度操作票系统,研究了规则描述及其推理机制。所有规则均采用数据库关系表进行保存,推理清晰明了。同时,设备的知识表示也采用数据库关系表来表示,将所有设备的操作都细化为对断路器集的操作。以这种设计思想为核心建立的推理机制,使整套系统具有较高的智能性和良好的扩展性。

## 1 系统整体结构

系统由四个模块构成:开票规则管理模块、图形管理模块、操作票管理模块、系统管理模块<sup>[1]</sup>。如图1所示。

(1)图形管理模块主要负责绘制、修改、管理一次线路图,选择变电站以及刷新设备状态等工作<sup>[2]</sup>。图形管理模块可以完成的工作:使用自己编写的专用绘图软件绘出变电站一次线路图,使用图形开票时,将调用线路图及各设备图形的横坐标、纵坐标及半径信息;根据现场设备变化,修改一次线路图中各设备状

收稿日期:2006-08-15

**作者简介:**王 俊(1982-),男,湖北武汉人,硕士研究生,研究方向为智能控制;胡 燕,副教授,硕士生导师,研究方向为计算机软件与理论、智能技术研究。

态;进行各变电站一次系统图之间的切换;对各一次系统图进行管理,包括调用、保存、修改等工作;通过 SCADA 系统信息,实时刷新一次线路图。

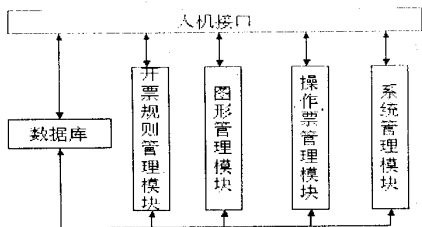


图 1 系统模块图

(2)开票规则管理模块主要负责各类设备操作规则的管理,包括添加、修改、删除、保存、查询操作规则等功能。

(3)操作票管理模块负责操作票管理的各项工作。包括生成、修改、保存、查询、删除、预演、打印预览、打印等功能;以及开票方式的选择,包括自动生成、手工开票和调用典型票。

(4)系统管理模块包括登录功能,增加删除用户、修改用户密码等功能,以及对用户权限进行管理。用户权限分为普通用户、标准用户和系统管理员。普通用户可进行的操作有:生成、修改、打印、打印预览、预演、保存操作票以及修改设备状态;标准用户除具备普通用户权限外,还可以进行以下操作:修改密码、绘制修改一次接线图、修改设备参数及删除操作票;系统管理员除具备上述所有权限外,还可以进行增加删除用户的操作。

## 2 知识表示方法

### 2.1 设备的分类及知识表示

操作票推理过程中用到的设备知识可以分为五类:母线类、输电线路类、两卷变压器类、三卷变压器类、TV 类。另外,还有一个断路器类,生成的断路器对象作为以上五个类的成员变量。也就是说,所有的操作最后都可以细化到是对断路器集进行的操作。每类设备对应数据库中一张表示操作规则的关系表。断路器也对应一张操作规则关系表。结构如图 2 所示。

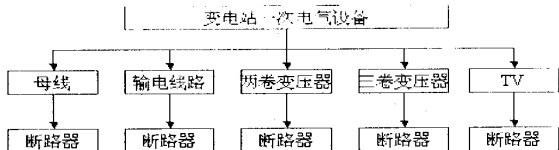


图 2 变电站一次设备结构组成框图

本系统中,设备知识表示方法采用关系表来表示,关系表的属性包括设备自身状态信息,以及与该设备有关联的断路器集的状态信息等。按照上述分类,电

气设备可表示为以下 6 个关系表:母线关系表、输电线路关系表、两卷变压器关系表、三卷变压器关系表、PT 关系表和断路器关系表。以两卷变压器关系为例,如表 1 所示。

表 1 两卷变压器关系表

编号	变压器名称	变电站名称	电压等级	高压侧中性点接地刀闸	高压侧断路器集	低压侧中性点接地刀闸	低压侧断路器集

由上表可知,所有对变压器的操作最后都是转换为对某一断路器集的操作。推理时,结合断路器操作规则表中的操作语句,以及变压器设备关系表各设备名称,可以通过 VC++ 程序将各操作语句中的开关及刀闸变量具体实例化,从而产生对变压器操作的具体操作语句,形成操作票。

### 2.2 开票规则的知识表示

开票规则就是对各种一次电气设备的操作规则,包括母线操作规则、输电线路操作规则、两卷变压器操作规则、三卷变压器操作规则和 TV 操作规则<sup>[3]</sup>。以两卷变压器为例,如表 2 所示。

表 2 两卷变压器操作规则表

规则 ID	操作前提	结论
1	变压器并列	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n
2	变压器分列	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n
3	变压器倒停	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n
4	变压器新投入运行、充电及其它	变压器投入运行 or 变压器充电 or 其它
5	变压器投入运行	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n
6	变压器充电	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n
7	其它	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n
8	装设检修地线	子任务 1 and 子任务 2 and...and 子任务 n

如上表所示,将每个结论分解为若干个子任务,每个子任务都对应为对断路器集进行的操作。

## 3 操作票生成的具体实现

共有 3 种开票方式:调用典型票、手动开票和图形开票。自动开票和单步开票均属于图形开票方法。自动开票是指选定变电站和操作任务后,自动推理生成操作票,主要就是对变压器和线路的操作;而单步开票,是指对某一设备进行操作,然后将操作语句添加到操作票中,之后再对下一个设备的操作,如此直至操作完成,生成操作票,主要就是对刀闸、断路器和二次设备的操作。

### 1) 调用典型票。

直接将编写的或执行过的正确的操作票,按照电压等级分类保存在数据库中,以后遇到同类操作任务,直接调用后,进行适当修改,进行防误操作检查后使

用<sup>[4]</sup>。流程图如图3所示。

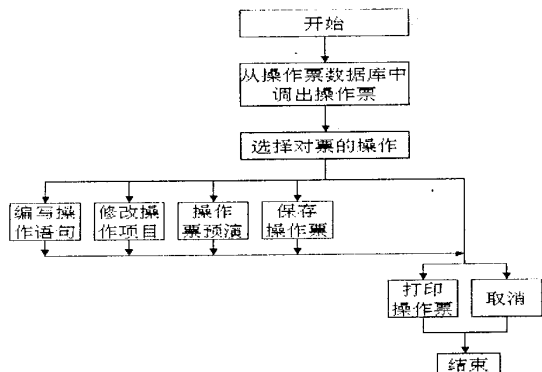


图3 调用典型票流程图

## 2) 手动开票。

直接打开操作票编辑对话框,用户自己选择变电站,输入操作任务和操作票内容,进行防误操作检查后使用或保存。

## 3) 图形开票。

先用自编的绘图软件绘出变电站一次线路图,选择图形开票时,将调用线路图及各设备图形的横坐标、纵坐标及半径信息。当鼠标进入这个设备图形区域时,表示选中这个设备,此时,单击鼠标右键,便会弹出选择菜单,然后进行操作任务的选择。如图4所示。

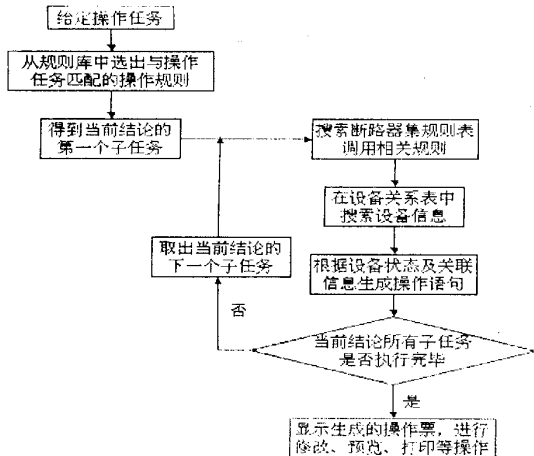


图4 图形开票流程图

## ① 单步开票。

选择手动开票之后,调用变电站一次线路图,选中某一设备。单击鼠标右键,如果该设备符合操作要求,则弹出选择菜单,进行操作。根据断路器集操作规则表中对刀闸或开关的操作规则产生操作语句,然后将相关的操作语句加入操作票中;如果不符合操作要求,则显示不能操作的原因。

判断不符合操作要求的方法:在设备数据库中,保存各设备信息时,会将所有与其相关联的设备状

态信息也保存进来,选中某一设备后,搜索该设备信息,得到与其相关联的各设备状态,然后进行判断。例如,对某一刀闸进行拉开操作时,其相临的断路器必须在断位。

## ② 自动开票。

选择自动开票之后,调用变电站一次线路图,在图中选择操作对象并确定操作任务。然后通过SCADA系统调用实时数据信息,得到各设备关系表中的关联设备信息,再调用规则库操作规则进行推理之后自动生成操作票<sup>[5]</sup>。推理过程如下例:

用到的规则库是变压器操作规则库。

如果:操作任务是变压器操作

则:执行变压器并列;or 变压器分裂;or 变压器的倒停;or 变压器新投入运行、充电及其它;or 装设检修地线。

匹配规则3:

如果:变压器倒停

则:

执行子任务1 and 执行子任务2 and 执行子任务3 and 执行子任务4 and...执行子任务n。

其中:子任务1:合上母联开关两侧的刀闸;

子任务2:按照规程合上预代全站负荷的变压器中性点接地刀闸;

子任务3:按照规程依次合上母联开关,拉开停电主变相应端的主变开关;

子任务4:按顺序拉开停电主变变压器开关两侧的刀闸;

子任务5:按照规程拉开停电变压器中性点接地刀闸;

子任务6:依次在停电变压器三侧刀闸靠近主变侧挂地线一组。

当具体到某个变压器操作时,则会调用设备关系表,根据设备关系表中变压器的关联信息及断路器操作规则表,将子任务中的操作具体实例化为操作语句。

例如子任务3可具体形式化为:

合上###开关

合上###开关

拉开###开关

合上###开关

拉开###开关

.....

## 4 结束语

文中研究并实现了某市调的电力操作票自动生成

(下转第94页)

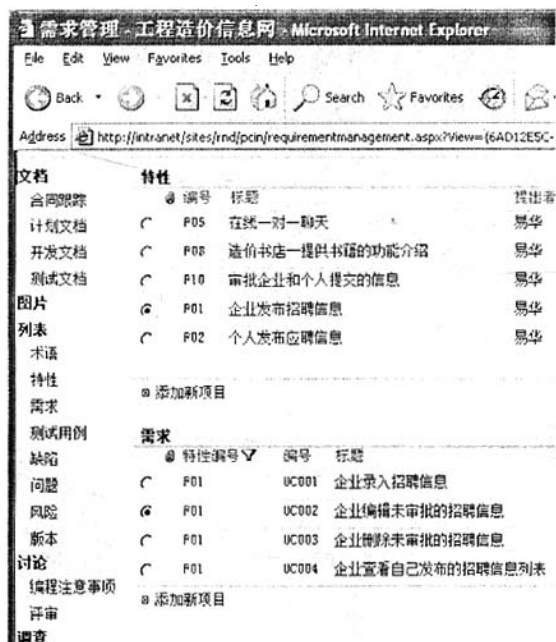


图 4 WSSRMS 的主界面

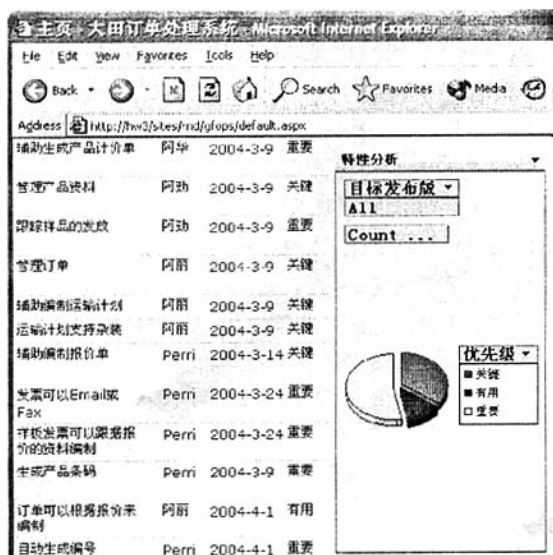


图 5 WSSRMS 的统计分析功能示例

接口远程管理。这使得 WSSRMS 和其它软件开发管理工具更容易地集成,更有效地管理软件开发过程。

### 3 WSSRMS 的应用效果及展望

WSSRMS 在一些政府招标的软件开发项目(如广州市交通运输管理局电子政务平台、“IT 资源网”等)中得到了成功的应用。实际应用表明, WSSRMS 以其简洁的设计能很快地被项目组接受,并能明显地加强项目组对需求的整体把握,特别是提高对需求变更的控制能力。

需求管理是软件开发过程中一项重要而且复杂的工作,需要理论和工具的不断完善。

#### 参考文献:

- [1] Mei Hong, Zhang Wei, Gu Fang. A feature oriented approach to modeling and reusing requirements of software product lines [C]//Proceedings 27th Annual International Computer Software and Applications Conference. [s.l.]: Computer Society, 2003:250-256.
- [2] Lee Kwanwoo. Feature-oriented analysis and aspect-oriented product line assets development[C]//Software Engineering 11th Conference. [s.l.]: Computer Society, 2004:582-583.
- [3] Zhang Wei, Mei Hong, Zhao Haiyan. A feature-oriented approach to modeling requirements dependencies [C]//Proceedings 13th IEEE International Conference on Requirements Engineering. [s.l.]: Computer Society, 2005:273-282.
- [4] Leffingwell D. Managing Software Requirements - A Use Case Approach[M]. [s.l.]: Pearson Education, 2004.
- [5] Yamaura T, Miyazaki H, Onoma A K. A new defining approach for software requirement specifications[J]. Software Technologies for Future Embedded Systems, 2003(5):13-16.
- [6] Laplante P, Neill C. Software Requirements Practices: Some Real Data[J]. IEEE, 2002(12):121-128.
- [7] Lauesen S. Task Descriptions as Functional Requirements[J]. IEEE, 2003(3):58-65.

(上接第 91 页)

系统,以数据库关系表来表示操作规则及电力设备。建立的专家系统能够适应电网操作任务的多样性、电网结构的复杂性和运行方式的灵活性;并且规则描述便于修改和完善,提高了专家系统的适应性,从而保证了操作票自动生成系统的生命力。

#### 参考文献:

- [1] 王林川,焦燕莉,邓集祥.一种新的灵活实用的操作票专家系统[J].继电器,2000,28(4):35-37.

- [2] 李晓明,戴成伟,王平.一种具有通用性的变电站操作票自动生成系统软件的设计[J].电力情报,2001(2):37-39.
- [3] 许琦,王磊,许青山.基于实时信息的县级调度操作票系统[J].继电器,2004,32(20):36-39.
- [4] 薛玮,桂浩.新型变电站操作票自动生成专家系统设计构想[J].湖南电力,2000,20(1):9-11.
- [5] 向铁元,谢锋,龚亚峰.基于框架理论的操作票自动生成专家系统[J].中国农村水利水电,2003(8):78-81.