

基于半自动化知识获取的操作票专家系统的研究与实现

王丽伟¹, 展巍², 张伟²

(1.信息产业部电子第六研究所 研究生部, 北京 100083;
2.北京六所和瑞科技发展有限公司, 北京 100083)

摘要: 介绍了以 Visual C++ 为工具开发的基于半自动化知识获取的操作票专家系统, 实现了图形在线自动开票、手工开票、调典型票等多种开票方式, 具有操作票管理、编辑及模拟仿真操作功能。具有一定的学习能力, 能够自动更新和完善专家知识库, 防误功能强大, 且图形界面友好, 易维护、易操作, 具有较高的智能性和安全性。

关键词: 操作票; 专家系统; 知识库; 半自动化知识获取; 知识表示

中图分类号: TP302.1 TP311.5

文献标识码: A

Realization and research of operating tickets expert system based on semi-automatic knowledge acquisition

WANG Li Wei¹, ZHAN Wei², ZHANG Wei²

(1. Graduate Department, The Sixth Research Institute (Electronics) of MII, Beijing 100083, China;
2. Beijing Sriharvest Technology Development Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: This paper presents an operating tickets expert system based on semi-automatic knowledge acquisition, with Visual C++ as the developing environment. The system implements many opening tickets methods such as automatic on-line tickets, manual tickets and calling typical tickets. It can manage and edit the operating tickets and it also implements the simulating function. It can automatically update and improve the expert knowledge base depending on its learning ability. So its function of preventing misoperation is stronger. The System is easy to maintain and operate for its user friendly interface, high intelligence and security.

Key words: operating tickets; expert system; knowledge base; semi-automatic knowledge acquisition; knowledge representation

操作票又叫倒闸操作票, 将设备由一种状态转变为另一种状态的过程叫做倒闸, 所进行的操作叫做倒闸操作, 操作票就是倒闸操作的操作步骤序列。电力系统中经常涉及倒闸操作, 倒闸操作必须首先拟写操作票, 然后按照操作票逐项执行。

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, 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, 就会引发严重事故, 造成巨大经济损失。为减轻运行人员的工作压力, 避免事故发生, 减少经济损失, 近几年来, 国内外学者以及专业软件公司研发了许多的操作票专家系统, 取得了较好的应用效果。操作票专家系统利用计算机, 采用专家系统技术进行设计, 将电网操作规则和经验构成专家知识库, 由专家系统在线自动开具操作票^[1]。操作票专家系统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^[2]。但是目前国内外的大多数操作票专家系统都采用人工知识获取方式，系统没有学习能力，当电力系统接线方式发生变动时，系统知识不能自动更新，这给使用造成不便。

本文所设计的基于半自动化知识获取的操作票专家系统具有一定的学习能力，能够在运行实践中从已有知识中演绎、归纳出新知识，且系统具有动态网络拓扑着色功能，所以当电力系统接线方式发生变动时，专家系统能够对知识库进行自动更新和完善。

1 操作票专家系统

操作票专家系统是一种基于知识的智能推理系统。它根据人工智能的原理，利用专家提供的电力领域的相关知识进行推理、模拟人类专家做出决定的过程，解决复杂问题^[3]。

知识表示、推理机和知识获取是操作票专家系统的三个重点。

1.1 知识表示方法

知识是人们把实践中获得的信息关联在一起所形成的信息结构^[4]。知识表示是将关于世界的事实、关系和过程等编码成为一种合适的数据结构。知识表示的主要问题是设计各种知识的表示方法、表示与控制的关系、表示与推理的关系以及知识表示与其他领域的关系。在解决某一问题时，不同的表示方法可能产生完全不同的效果。

本系统的知识库包括静态设备库和专家规则库，静态设备库主要存放电气运行设备的运行状态及其属性，专家规则知识的来源有电网调度、变电站运行规程、有关电气运行安全规程以及电气运行人员的现场经验知识。规则知识存储在数据库中，是推理机的知识来源。

本系统中静态设备库采用关系表来表示，专家规则知识采用产生式表示法，基本表达方式为 IF（对某设备进行某种操作）THEN（相关设备应处于某种状态），现举例说明。

设 301 为 35kV 高压侧断路器，301-1 为 301 上侧刀闸，301-2 为 301 下侧刀闸，根据电力五防规则中的“防止带负荷拉刀闸”原则，若要合上 301 断路器，则要求先合上 301-1 刀闸和 301-2 刀闸，在本系统中该知识表示为：

如果合上 301 断路器，则 301-1 刀闸处于合位，且 301-2 刀闸处于合位。

系统知识的录入采用专门编制的人工智能知识编辑软件——知识管理工具，录入界面直观，操作简便。

1.2 推理实现

专家系统的推理机制又称为控制策略，是专家系统的核心之一。操作票专家系统中的推理主要是一些逻辑判断工作，不需要数值计算。推理机制包括正向推理、反向推理和混合推理。

本专家系统采用推理机与知识库相分离的设计方法，当对知识库进行增加、删除、修改或更新时，推理机不需要做任何更改，系统仍能正确安全地运行。系统采用正向推理，利用深度优先搜索算法。

调度人员下达操作任务后，进行任务分解，确定操作设备、设备类型、初态及末态，然后逐步进行操作。当对某设备进行操作时，系统先从静态设备库中取得该设备的运行状态，然后进入防误规则判断模块，采用正向推理机制，自动循环匹配该操作需要满足的操作规则，匹配成功后从操作术语库中读取操作术语，把该操作转换成一条操作项。当所有的操作都完成时就生成了实际的操作票。形成操作票的推理流程如图 1 所示^[5]。

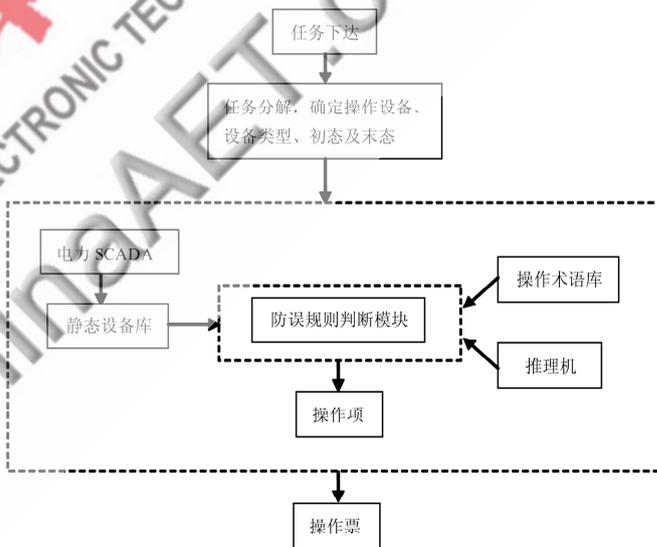


图 1 推理流程图

1.3 半自动化知识获取

半自动化知识获取是指在人工知识获取的基础上增加了部分机器学习功能，是专家系统本身能够从大量的实例中归纳出某些知识。半自动化知识获取实际是目前建造专家系统最常采用的方法。尽管自动知识获取是人们所渴望的，但由于目前许多相关技术如模式识别、自然语言理解、机器学习等还不太成熟，因此，人机结合的半自动化知识获取方法在目前来说是比较好的方法^[4]。目前国内外的大多数操作票专家系统采用的是人工知识获取，通常由相关人员把所获得的电气设备知识和电气规则知识以某种合适的知识表示形式

送入知识库中,当电力系统接线方式发生变动时,系统知识库不能自动更新,需要相关人员把新知识手动添加到知识库,这给使用造成不便。而本文所实现的操作票专家系统采用的是半自动化知识获取方式,系统具有动态网络拓扑着色功能,能对线路进行拓扑分析,并进行动态着色,从而区分出带电部分和掉电部分。当电力系统接线方式发生变动时,系统自动搜索网络拓扑结构,结合原有知识库中的知识,进行类比学习、演绎、归纳学习,得到新的知识,从而自动更新静态设备库和专家规则库,提高了系统的智能性和安全性,这正是本文的创新点所在。

2 系统结构

本系统采用模块化的思想进行设计,整个系统实现了操作票生成(包括图形自动开票、手工开票和调典型、历史票、预存票三种方式)、操作票模拟预演、操作票管理及系统维护等功能。其总体结构框架如图2所示。

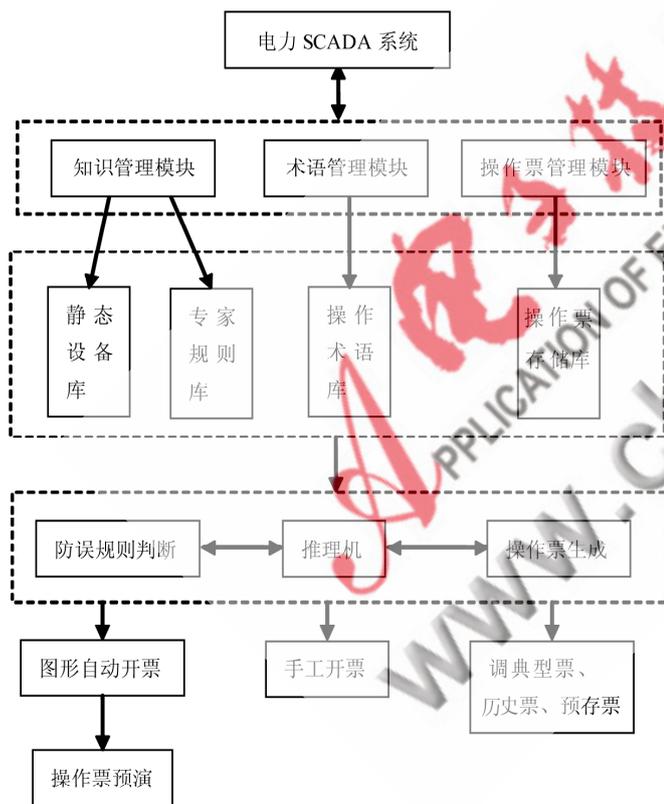


图2 系统结构图

本系统通过网络通信在线地获取现场电力 SCADA 系统的实时信息,及时更新系统静态设备库中相应设备的状态,正确反映现场设备状态的变化。知识管理模块负责操作票专家系统知识的录入、自动更新和完善。这种模块化的思想以及将静态设备库、专家规则库与推理机相分离的思想提高了系统的通用性和可维护性。

3 系统实现

本操作票专家系统采用 Visual C++ 和 SQL Server 数据库开发实现,开发过程中采用了面向对象的程序设计方法 OOP,开发出了一种逼真的图形化的用户界面。系统有常规的操作票管理、系统安全性校验,操作术语自定义,开票方式多样化,具有良好的通用性。在图形自动开票模式下,用户通过用鼠标点取图形上相应的电气元件来完成开票过程,点取设备后,系统自动从专家规则库中搜索该操作需满足的规则,与设备库中各个设备的运行状态相匹配,若都匹配,则该操作符合防误逻辑,根据操作术语库,在操作票中自动生成一条操作项,还可根据需要同步生成相应的检查项和可选项;若有一条不匹配,则停止搜索,系统会自动报警,提示所违反的规则,不生成这条操作项。系统对用户已开出的操作票可以自动添加编号,并进行储存、管理,保存相关信息,如开票人、开票时间、操作票编号、开票内容等,并可按开票人、开票时间或操作票编号查询,同时打印模块能够按照用户的需求定制与现场完全一致的操作票格式^[5]。

系统运行环境为 Windows 2003 Server 网络操作系统,网络环境采用高速以太网,支持多种网络协议如 TCP/IP 等,系统硬件可采用高档微机。由于硬件设备及接口、系统结构、操作系统和网络协议均建立在国际标准基础上,因而开放性好并有利于保护电力系统的软件投资和系统功能的进一步扩充^[6]。

本操作票专家系统已在多个电厂、变电所和工矿企业的配电室投入运行,实践证明该系统运行可靠、防误操作功能强,用户界面友好,易学易用,能够满足电力系统对防误操作、自动或手工开具操作票的需要。

参考文献

- [1] 陈松,王磊.一种实用的调度操作票专家系统[J].<http://www.studa.net/dianli/060226/09495447.html>. 2006.
- [2] 王俊,胡燕.电力操作票在线自动生成系统的设计与实现[J].计算机技术与应用,2007,17(5):89-90.
- [3] 刘晶,任建文,陈楠.基于知识分层表示的操作票专家系统[J].<http://eei.sjtu.edu.cn/news/CUS-EPSA>. 2006.
- [4] 张仰森.人工智能原理与应用[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [5] 张健,朱永利,李东.操作票专家系统的研究现状及前景[J].电力情报,2002,1(1):63-64.
- [6] 胡海涛,孙宏斌.变电站操作票专家系统的研究与应用[J].电力自动化设备,2002,22(8):41-42.

(收稿日期:2009-01-14)