

智能化操作票专家系统的研究

林媛媛, 王建华, 刘志峰, 杨文通, 吴喜文

(北京工业大学机电学院 CAD/CAM 中心, 北京 100022)

摘要: 介绍了自主研发的面向多变电站的操作票专家系统。该系统以 Visual C# NET 及 SQL Server 2000 为主要开发工具, 利用变电站生成操作票的各种知识构成规则库, 利用变电站各种电气设备的参数信息构成数据库, 通过推理机动态地调用规则库和数据库, 自动生成正确的操作序列, 实现操作票自动生成。该系统可以同时面向多个变电站。

关键词: 操作票; 专家系统; 变电站; 人工智能

中图分类号: TM734 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)24-0059-04

0 引言

变电设备的倒闸操作是变电站运行的基本操作, 是调整和改变电网运行方式的主要手段, 操作票就是记录这些倒闸操作顺序的票单。开列正确的操作票是进行正确倒闸操作的前提, 正确的倒闸操作又是保证电力系统运行安全性和稳定性的前提。随着电力工业的飞速发展以及电网自动化水平的提高, 变电站传统的运行管理模式, 即人工开票的方式, 显然已经不能适应现阶段的要求。因此, 操作票专家系统也就应运而生。近些年来, 变电站操作票专家系统逐步推广应用, 使得变电站运行管理水平得到了显著的提高。虽然操作票专家系统的开发应用取得了不少成功的应用经验, 但仍有不尽如人意之处, 主要体现在通用性不强和用户可维护性差等方面。

鉴于以上原因, 开发了本文所介绍的智能化微机防误闭锁与专家系统。本系统是变电站倒闸操作票的智能处理系统, 它以 Visual C# NET 及 SQL Server 2000 为主要开发工具, 利用面向对象的编程技术, 同时运用专家系统的思想, 根据现场设备的运行状态和电力系统对倒闸操作的“五防”要求, 按照特定的规则进行智能推理和判断, 生成满足现场要求的倒闸操作票。其操作界面友好, 系统推理速度快, 运行稳定, 维护简单, 拓展性好, 具有较强的通用性和灵活性。

1 系统概述

1.1 系统结构

本系统根据现场工作人员下达的操作命令, 由

操作人员的主界面或图形界面上选择操作设备和操作任务后, 系统自动启动推理机对数据库和规则库中的相应数据、规则进行搜索、匹配、组合后, 自动形成标准、正确的操作票, 然后用户选择对此票进行存储、打印或废除等操作。同时系统自带有图形编辑器, 可方便地在主接线图上修改图形及其参数, 如设备状态、操作术语等, 还可以定义新的设备类型及设备画法, 并在数据库中加载保存这些更改的信息。另外知识库与推理机的分离使得用户可以在系统为用户提供的接口中按现场需要修改规则库中的规则。系统结构如图 1 所示。

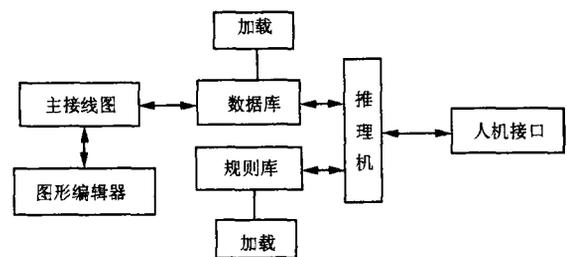


图 1 系统结构图

Fig 1 System architecture

1.2 一次接线图

变电站一次接线图由母线、变压器、开关、刀闸等设备元件组成。在建立主接线图模块时充分利用了面向对象技术的程序设计思想, 类中封装了数据和方法, 具有继承、引用、重载和实例化等特点。首先创建一个图形虚基类, 在此基础上创建其他的元件类。建立主接线图的过程就是实例化各个元件类的过程, 每个元件对象都有自己相应的数据库, 同时对各图元代表的各站具体设备信息进行处理, 存储在对象相应的数据库中, 以便推理机的搜索、查询。

而图形数据库是系统其它功能模块在进行有关操作时需调用的信息,相对来说比较复杂,它既包含各设备对象在主接线图中的位置,又包含各设备的名称、状态、电气连接及其它需要用到相关属性。用户只需在图形界面上进行相关操作,数据库会自动保存相关信息。

1.3 人机接口

人机接口是用户与系统的交互界面,主要功能是完成人机的对话通信,采用全图形方式,包括使用菜单、光标和窗口。操作人员只需在界面上进行鼠标点击,选择要操作的设备和操作,人机接口就会形成相应的操作任务,而后将任务交由推理机。之后将推理机工作的推理结果在界面上显示出来,运行人员也可以通过人机接口提供的接口修改专家系统推理所得的操作票。人机接口还可以向用户显示相关的设备信息和操作信息,随时有帮助信息以提示用户如何操作,在出现任何非法的输入或操作时,均有警告提示信息。同时用户也可以查询有关的事项及系统帮助信息。如图 2。

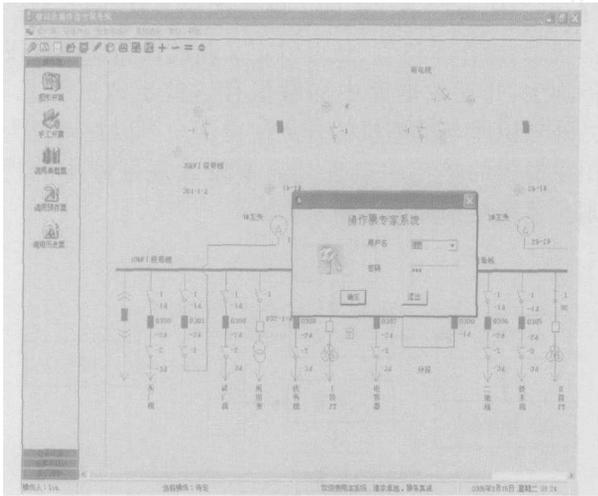


图 2 智能化操作票专家系统

Fig 2 An expert system for generating operation sequences of substation

下面详细介绍知识库和推理机模块。

2 知识库

专家系统的知识库按照其要实现的功能可以分为数据库和规则库。其中数据库又可分为静态数据库和动态数据库。下面详细介绍知识库各组成部分的内容及作用。

2.1 数据库

静态数据库即参数库,主要存放电气运行中运

行设备的运行状态及各种属性,如坐标、颜色、类型、名称、编号等。另外静态数据库中还存放设备的物理连接关系及其相关信息。设备的物理连接关系的正确描述是自动推理的基础。从操作票的自动生成到对操作人员的培训都必须知道电网设备的连接方式。这样才能根据当前的运行状态和操作任务来自动跟踪电网运行方式及搜索操作路径并生成设备操作序列。

动态数据库形象地来说是个暂时的容器,它用于存放各种临时数据及中间数据,如各种临时推理结果及各种中间操作步骤。在完成相关的操作后,按照需要将其转存入库中或放弃该库的数据,释放其占据的内存。

2.2 规则库

规则库是以数据库的形式存放的用于描述和保存运行人员关于开列操作票的专业知识。实际上存储操作票的形成过程就是某些电气间隔的开关量从初态到终态的变化序列,开关的逻辑关系决定了变化顺序。根据不同网络结构和不同操作任务及其操作要求把操作规则分别总结出来,这就是开关量之间的逻辑关系,然后填入规则库。规则库中存放有关倒闸操作的一次设备操作规则和配合一次操作的二次装置的启停规则,为了提高推理机查询速度,各种规则应分区存放,例如将规则库分为主变操作规则库及母线操作规则库、线路规则库、开关操作规则库及 PT 操作规则库等各个子规则库。同时,对每类子规则库又可细分,如线路规则可分为 35 kV、10 kV 等。

在知识表示上采用产生式表示法,并将规则采用产生式规则的产生式表示法存储到规则库中。其逻辑为:

IF <条件> THEN <动作>

此方法反映了规则的内部因果关系,可以正确的使用规则。

以 10 kV 线路停电为例,按以下规则依次引导可进入相应的子规则库:

Rule1:

IF 操作设备是线路 THEN 推理转向线路规则库;

Rule2:

IF 操作设备电压等级是 10 kV THEN 推理转向 10kV 线路规则库。

如此一直转向 10 kV 线路停电规则库。

其中 10 kV 线路停电规则库中又有规则:

- 1)断开线路开关;
- 2)拉开线路开关的线路侧刀闸;
- 3)拉开母线侧刀闸。

此外,规则库与程序完全分离,系统为运行人员提供了一个查看、编辑规则库的接口,运行人员可在人机接口为用户提供的接口中进行修改。

3 推理机

推理机模块是专家系统的核心模块。推理机是一组计算机程序,用来控制、协调整个系统,它根据当前输入的数据,利用知识库中的知识,按照一定的推理方法,找出解决问题的策略,并把结果送到用户接口。在本系统中就是从操作任务开始,推理机根据用户选择的操作任务,以操作票知识库为基础,按照广度优先的搜索策略,进行操作票的推理,从而形成一张正确完善的操作票。

推理机工作的基本步骤如下(如图3)。

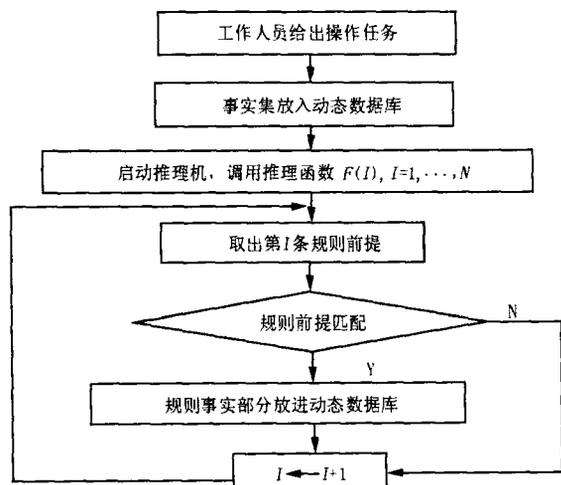


图3 推理机流程

Fig 3 Flow chart of inference engine

- 1)运行人员选择操作任务,系统根据运行人员选定的操作任务(包括电压等级、线路、状态等)装载相应的知识库。
- 2)将此操作任务形成的事实集放入动态数据库中。
- 3)启动推理机,它从相应的知识库中取出规则的前提事实与存入动态数据库中的事实进行匹配。
- 4)若匹配成功,则把规则结论部分中的新的事实加入到动态数据库中并转向下一条规则($I = I + 1$)。
- 5)若匹配不成功则转向下一条规则($I = I +$

1),并转向步骤3。

如此,直到不再有新的事实加入到动态数据库中时,推理机结束推理。同时,将动态数据库中的结果存入静态数据库。系统对存入静态数据库中的结果进行分析,即可获得对应于当前任务的操作票。至此一张准确合格的操作票形成了。

4 系统功能介绍

系统按照一般变电站的实际需要,分成了四个子系统,分别是开票系统、培训系统、管理系统和维护系统。

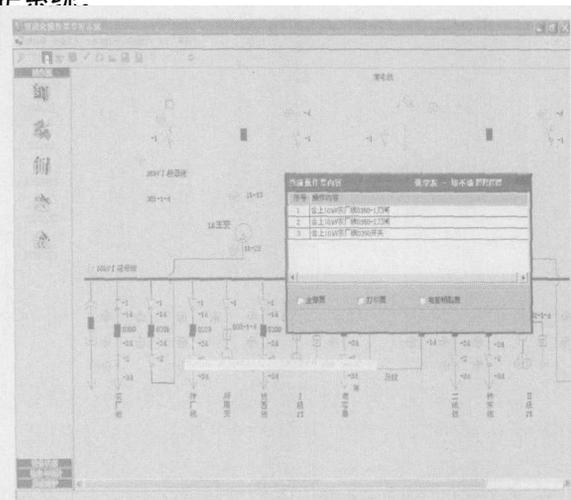


图4 系统图形开票界面

Fig 4 Interface of figure-ordering

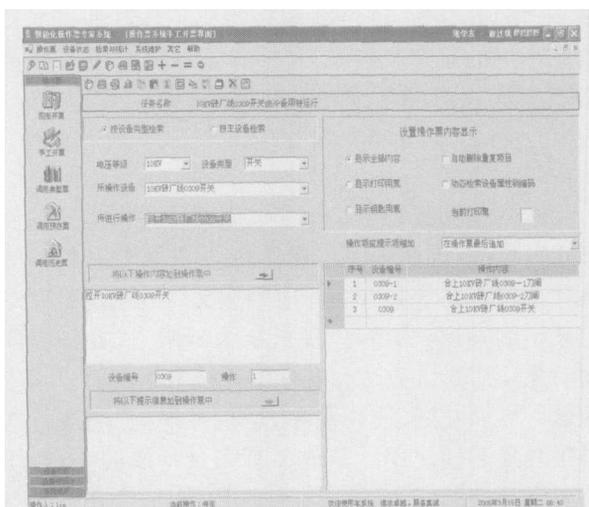


图5 系统手工开票界面

Fig 5 Interface of hand-ordering

开票系统中除了专家功能外还有两种开票的方式,图形开票(图4)和手工开票(图5)。图形开票是用户通过依次点击一次接线图上的相关控件,系

统自动记录操作内容同时进行五防判断以形成正确的操作票序列的开票方式。在图形开票方式下,可对操作票序列项进行返步、删除、修改等操作。每次对操作票序列项进行的操作,系统都会自动对其重新进行五防判断,若不通过判断,系统拒绝此次操作并给出错误信息。手工开票是用户通过从设备集合中选取操作设备及相应的操作方式等形成正确的操作票序列的开票方式。操作序列同样可以进行修改、删除等操作。在完成操作票之前必须通过五防判断该操作票才有效,否则系统给出错误提示直至通过五防判断或用户放弃此张操作票。每一张完成的操作票均对应一张危险点控制单,在打印操作票的同时打印相对应的危险点分析控制单,避免开票客观环境因素的影响。操作票也可由历史票或典型票库中调出形成。

培训系统包括培训和练功功能,能通过图形开票功能实现运行人员日常培训和练功工作,并能通过练功票转成典型操作票,也可通过改变运行方式实现培训。并对运行人员进行练习图形开票时有计时、测试等功能。

管理系统是进行对存档票、练功票、典型票以及危险点分析进行查询和对存档票的统计(操作任务、项数等信息)。

维护系统是初始化信息以及票面格式、页号信息、任务模板等基本信息的维护以及对典型票的修改、添加等功能。进行数据初始化工作。如:一、二次图形库的制作及修改,人员情况的录入,操作短语的增减及一、二次设备位置库的维护等工作。

5 结束语

电气操作票制度是保证电力系统正常运行的一项重要措施,因此开发可靠性高、易于操作和维护的操作票管理系统具有实际应用意义。本系统是以专家系统的知识获取和推理机制为着眼点,并辅以面向对象程序设计方法和软件工程技术编制而成。应用软件界面友好,使用简单,运行可靠,变电运行人员很容易掌握使用。系统具有完全开放的平台,用户可维护性能好,具有很好的通用性,适合在各种电压等级的变电站推广使用。

参考文献:

- [1] 韩荣珍,周君,丁坚勇. 面向对象的变电站电气倒闸操作专家系统的设计[J]. 湖南电力, 2002, 22(1): 33-35.
HAN Rong-zhen, ZHOU Jun, DING Jian-yong Design of an Expert System for Generating Operation Sequences of Substation[J]. Hunan Power, 2002, 22(1): 33-35.
- [2] 王振江,盛四清. 专家系统及其在电力系统中的应用介绍[J]. 西北电力技术, 2002, 30(5): 23-25.
WANG Zhen-jiang, SHENG Si-qing Expert System and Its Application in Power System[J]. Power Technology of the Northwest, 2002, 30(5): 23-25.
- [3] 韩学军,姜志臣,张志艳. 基于专家系统的变电站防误操作系统[J]. 吉林电力, 2003, (5): 33-35.
HAN Xue-jun, JIANG Zhi-chen, ZHANG Zhi-yan Preventing Misoperation System of Substation Based on Expert System[J]. Jilin Power, 2003, (5): 33-35.
- [4] 张云珍,李跟学. 微机防误闭锁装置及操作票系统的原理及应用[J]. 山西广播电视大学学报, 2004, (2): 65-66.
ZHANG Yun-zhen, LI Gen-xue The Principle of Shutting Device to Prevent Mistakes in Microcomputer and Operation Ticket System and Its Operation[J]. Journal of Shanxi Radio & TV University, 2004, (2): 65-66.
- [5] 郭碧媛,周明,李庚银. 电网调度操作票系统中数据库的开发和实现[J]. 电力工程与科学, 2004, (4): 71-74.
GUO Bi-yuan, ZHOU Ming, LI Geng-yin Database Development and Implementation of Power System Dispatching Operation Order[J]. Power Engineering and Science, 2004, (4): 71-74.
- [6] 赵明刚. 变电站倒闸操作规范危险点防范措施[J]. 农村电工, 2004(4): 20-21.
ZHAO Ming-gang The Preventing Measure of Dangerous Points for Switching Operation in Substation[J]. Rural Electrician, 2004, (4): 20-21.

收稿日期: 2005-04-25; 修回日期: 2005-07-13

作者简介:

林媛媛(1981-),女,硕士研究生,硕士方向为电力系统调度自动化; E-mail: linyy@emails.bjtu.edu.cn

王建华(1963-),女,副教授,主要从事电网调度,EP-C与物流体系框架等研究。

Research of an expert system for generating operation sequences of substation

LI N Yuan-yuan, WANG Jian-hua, LIU Zhi-feng, YANG Wen-tong, WU Xi-wen

电力通信 ATM网络中的 QoS技术

蒋杰¹,江道灼¹,倪承波²

(1. 浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027; 2. 山东胜利石油管理局生产管理部,山东 东营 257001)

摘要: 介绍了 ATM网络中的端到端 QoS技术的概念,分析了 QoS定义的基本参数、ATM针对不同 QoS提供的不同业务,以及 QoS在 ATM网络中的实现方法;提出了电力通信网中数据按 ATM业务类划分的方法,指出在电力通信中采用 QoS技术的必要性。

关键词: QoS技术; 电力通信; ATM网络; 业务类型; 流量控制; 阻塞控制

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)24-0063-06

0 引言

随着电力行业的不断发展,电力系统对通信的需求也与日俱增,除了话音、数据、传真等通信业务外,图象等宽带数据信息的交换和传输也日益增多。一些新的终端设备被大量采用,对电力通信网的传输容量、速率和带宽都提出了更高的要求。另一方面,由于基础技术的发展而带来的电信技术的飞速发展,特别是微电子技术、光通信技术、因特网技术以及 ATM和软件技术的发展,对电力通信网的发展产生了深远的影响。目前电力通信网正迅速向着数字化、综合化、宽带化的方向发展。

现代电力系统对通信的业务要求也是多方面的。诸如调度指挥电话、调度监控系统、远方保护系统、生产经营管理、检修通信、水情测报系统等。如何在这样庞大、复杂的通信网络中保证数据、话音、视频等业务的服务质量是一个值得研究的课题。应用 QoS(Quality of Service)技术可以很好地解决上述问题。

1 电力通信网络

电力通信网络为电力部门提供多种业务的服务,包括语音通信、电视会议、LAN数据传输、虚拟网划分、实时数据传输等,电力通信服务的对象不再

单纯是电力调度。特别是随着信息化时代的到来,电力工业现代化水平的提高,电力工业各部门都离不开电力通信,而且要求越来越高。

电力通信涉及到数据、话音和视频的通信。不同的应用类型具有不同的特征,且需要不同的网络环境。例如,电力行政电话、调度电话及呼叫中心是实时的话音应用,要求低延迟和低抖动;电力办公自动化(OA)则是数据应用,它对延迟和抖动无严格要求,但对数据包丢失和误码率要求较高,需要宽带网络支持。其中一些业务要求通信网络提供优质可靠的服务,例如电力调度自动化和继电保护要求通信网络快速、可靠;数据采集与监控(SCADA)系统和能量管理系统(EMS)要求数据可用率不低于99.7%、比特差错率不大于 10^{-5} 等。因此,如何提高电力通信网络的服务质量是其发展建设过程中必须重视的问题。

以前的电力企业通信网根据不同的特定业务(如行政通信、调度通信、数据通信等)而设计为多个独立的网络,其中的某一个网络往往不能完全适应于其他业务。这些业务网专门化的后果是多个独立网并存(图1),而每一个网络都需要企业订购和维护,并且即使某个网络中有空闲的资源,这些资源也很难被其他类型的业务所用。目前有不少地区(如京津唐电网)开始建立基于ATM的电力通信多

(Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The paper introduces a self-developed system of generating operating order sheets by computer which could be easily used in several substations. With Visual C# NET and SQL Server 2000 as the mainly developing tools, the system makes use of the knowledge of the operation sheets to form rule base and the basic information of electric equipments to form data base. The inference engine transfers the rule base and the data base dynamically to generate the correct operation sheet. It can be successfully used in several substations with a little change.

Key words: operation order; expert system; substation; artificial intelligence