

电网调度操作票专家系统的设计与开发

杨继涛¹, 胡明², 吴琼¹, 杨以涵¹

(1. 华北电力大学电力工程系, 北京 102206; 2. 许继集团公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 介绍了一个面向对象的电力系统调度操作票专家系统。为了实现源代码的重用并改善软件的性能, 面向对象的继承性被用于构造软件的类体系, 且类的构造是基于操作对象的功能和操作方式, 而不是以往的设备或间隔分类。基于面向对象的分析和设计技术, 设计了适合电力系统调度操作的网络拓扑、知识库和推理机制, 从而生成了一个实用的电力系统调度操作票专家系统。

关键词: 电网调度; 专家系统; 操作票; 面向对象技术

中图分类号: TM734 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)15-0045-03

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。由于电网结构复杂, 因此要求运行人员具有丰富的运行经验和良好的技术。另外, 操作票的书写要求非常严格, 字迹要清晰, 不允许有错字、漏字、涂改。调度员在编写操作票时难免会受到环境、时间、健康和其他因素的影响, 出现差错, 给调度员带来很大的精神压力。

专家系统可以处理一些常规的计算程序和分析程序无能为力或不能有效处理的问题, 在这些问题中, 人类专家的经验起到主导的作用, 因此, 专家系统在实际中的应用越来越广泛。在电力系统中, 自20世纪80年代以来, 国内已经把专家系统技术运用到开列电力系统操作票的工作中。目前, 国内外的科研人员也开发了不少操作票专家系统, 取得了许多经验^[1]。

调度操作票专家系统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, 避免由于经验不足而造成的疏漏。

本文介绍的电网调度操作票专家系统, 采用 Delphi 6 和 Microsoft Access 为开发工具, 利用面向对象的编程技术实现。系统采用专家系统的产生式规则, 引入对象类的概念及消息传递, 反映了认识事物从特殊到一般的归纳抽象, 实现了从一般到特殊的演绎过程。运行人员在界面上按“操作对象+操作任务”下达操作命令后, 即可启动推理机进行推理, 自动生成所需的操作票。

1 系统总体结构和主要特点

系统主要由网络拓扑绘图模块、数据库管理系统模块、实时数据接口模块、规则管理模块、推理机系统模块、操作术语翻译模块、操作票生成流程管理模块以及操作票管理模块组成。各模块既相互独立又相互联系。

1.1 网络拓扑绘图模块

本模块以各种元件为对象分别设置。绘图时可在图中工具栏中抓取相应的元件绘制, 方便、可靠且有复制、翻转功能, 绘制网络图时大部分工作只是填充元件参数, 大大提高了绘图效率。元件参数与数据库相联系, 修改其中任一个均可以对元件参数进行修改。

1.2 数据库管理系统模块

数据库管理模块是本系统的一个有机组成部分, 它妥善地解决了外部运用与数据库接口的问题, 使得外部应用可以方便地存取、扩充数据库。

1.3 实时数据接口模块

本系统使用的实时数据来源于 SCADA 采集的远动信息。由于各种设备的状态主要由开关和刀闸的状态决定, 所以实时数据指开关、刀闸的实时状态。实时数据接口模块通过接口函数实现对实时数据的访问, 实时数据的访问参数可以从配置文件中得到。实时数据接口模块的工作原理如下: 当系统启动时, 首先读取系统配置文件, 根据配置文件的参数调用接口函数, 与 SCADA 系统建立连接, 从 SCADA 中读取当前实时数据并初始化网络拓扑库和设备库, 当开票需调用实时数据时, 系统将需要查询的开关和刀闸的参数传递给接口函数, 接口函数根据参数调用其 Search 方法查询所需的实时数据; 当现

场的刀闸、开关发生变化时,接口函数调用其 Change 方法,从 SCADA 中自动检测到变化,并且将变化的信息及时传递给数据库管理模块,使网络拓扑库和设备状态库作出相应的调整,保持数据的一致性。

1.4 规则管理模块

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,填入规则库。例如,双母线中的一条母线由运行转备用的操作规则。规则库以数据库的形式存放,与程序完全分离,规则的内容可以由用户改动。规则库可分为基本规则和特殊规则两类:基本规则是比较操作前后的开关是否改变而决定是否执行;特殊规则是判别特殊情况,如 3/2 接线上的开关。

1.5 推理机系统模块

推理机是专家系统的核心之一。操作票专家系统中的推理主要包括一些逻辑判断工作,不需数值计算。电力系统由有限种类的设备按一定联系组成,这些设备及其联系构成电力系统两大要素。对其操作具有层次性和相关性两个特征。从操作任务开始,将初态和终态进行比较,调用事实库和临时规则库,如果某条规则的逻辑表达式为真,则相应的开关量改变状态,并将用过的规则去掉,逐项匹配搜索,最后形成操作票。

1.6 操作术语翻译模块

能够修改每个动作的语言翻译使它符合用户的习惯。

1.7 操作票生成流程管理模块

根据操作票生成的流程规定,校验和审核人员根据各自的权限和密码,在计算机上实现操作票的校验、审核等。

1.8 操作票管理模块

操作票的管理主要是包括对已生成的操作票进行编号、编辑、打印、存储等。

2 电力网络拓扑的知识表示

对于应用于电力系统的专家系统来说,电网拓扑知识是其工作的基础,知识表示的优劣直接影响专家系统的工作效率及系统的通用性。因此,有效的电网结构知识表示方法是一个专家系统开发成功的前提^[2]。

近几年来,数据库技术取得了很大的进展,并获

得了广泛的应用,人们也开始研究关系数据库在人工智能中的应用。关系数据库一般以有序的和易于操作的形式存储大量数据。关系模型适用于表示形式结构信息,能为用户所理解和易于在计算机上实现,可最大程度地消除数据冗余和保持数据一致^[3]。

本文从分析电网知识的层次性和关系数据库的特点入手,研究用关系数据库实现电网拓扑的知识表示方法。电力系统电网拓扑知识的最大特点是具有层次性,即:第 1 层电力系统是由发电厂、变电站、输电线路和用户构成的网络层;第 2 层是厂站内部设备构成的厂站层结构;第 3 层是各设备之间的关系构成设备层结构。每层根据需求设置相应的数据和属性。网络拓扑知识用关系数据库实现以后,对事实库的搜索可以用结构化查询语言 SQL 实现。SQL 语言是一种用于查询、更新及管理关系数据库,可用于检索、排序及过滤,从一个给定数据库中提取具体的数据。

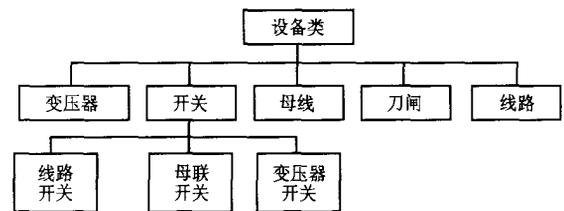


图 1 操作类的层次性

Fig. 1 Hierarchy of operational classes

3 专家知识的表示

通过借鉴面向对象的理论,本文引入了操作对象类的概念,即将功能类似、操作方式类似的设备进行抽象,进而以类区分它们,跳出了从操作间隔处入手分析设备的局限。将每一对象类按“类”、“子类”、或“成员”的概念构成一种层次结构。各类之间的层次关系如图 1 所示。在这种层次结构中,同一类中的某些类似的设备在操作中一方面存在着共性,但同时也存在特性差别,体现出对象类之间存在的继承关系,上一层对象所具有的一些属性可以被下一层对象所继承,从而避免了描述中的信息冗余。这有利于优化知识表达,提高推理速度以及方便系统维护。

操作票专家系统的知识是用于描述现场倒闸操作所需的专门知识,在本系统中,以操作规则^[4]的具体形式表现出来。采用产生式的系统知识表达方

式,其基本表达方式为 IF (Op-Objects、Assignment) THEN (Conclusion),将规则的前提和结论都用类和对象来表示。此表达式表示,能够得到操作结论的前提是操作对象的状态和操作任务匹配成立。在匹配过程中,如果发现某规则产生的结果与知识库中的类或对象不相符,则放弃该规则,如此直到问题解决。

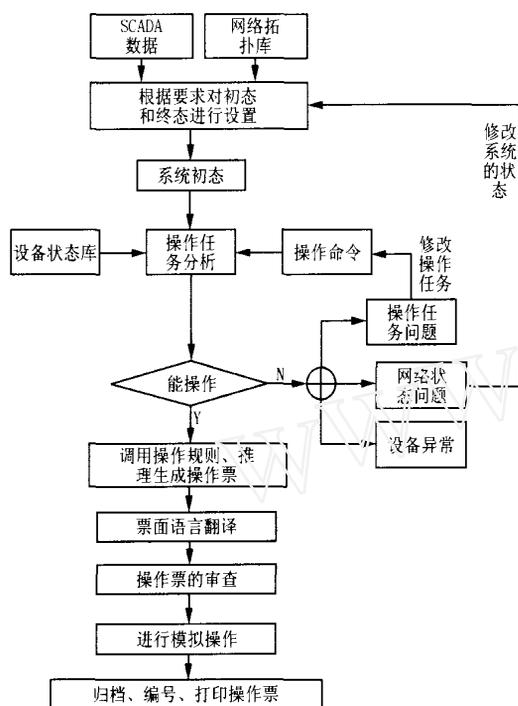


图2 推理过程

Fig.2 The deduction processing

4 专家知识的推理

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。推理机制包括正向推理、逆向推理和正逆向混合推理。本系统每个对象类的内部推理机制和传统专家系统是一致的,但由于其面向对象的特征,不同的对象类可拥有各自领域的特有知识和推理机制,整个系统的知识推理呈分布式特征,对象之间的推理通过消息传递实现^[5]。

具体推理过程如图2所示。

推理效率主要是从合理设计知识库,优化知识库的结构加以提高。由于整个系统的知识推理呈分布式特征,利用层次性和继承性的属性来简化知识表达,提高了推理的效率。

5 结束语

本系统运用于兰州地区电力系统的“电网运行智能实时决策支持系统”,开发实时自动形成调度操作票智能软件系统,能为调度人员提供正确且规范的操作票(正常操作票或事故恢复操作票)。

参考文献:

- [1] 杨以涵,唐国庆,高曙(YANG Yi-han, TANG Guo-qing, GAO Shu). 专家系统及其在电力系统中的应用(Expert System and Its Application in Power System) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing: Hydraulic and Electric Power Press),1995.
- [2] 段振国,高曙,杨以涵(DUAN Zhen-guo, GAO Shu, YANG Yi-han). 电网结构知识表示方法研究与管理信息系统开发(Study of Power Network Structure Knowledge Representation and Development of Knowledge Management System) [J]. 中国电力(Electric Power), 1999,32(2): 34-37.
- [3] 黄磊(HUANG Lei). 关系数据库管理系统中层次结构信息的处理方法(Method of Disposing Layer Structure Message in Management Message System with Relationship Database) [J]. 机械设计(Mechanism Design), 1997, (6): 12-14.
- [4] 石纯一,黄昌宁(SHI Chun-yi, HUANG Chang-ning). 人工智能原理(The Principle of Artificial Intelligence) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press), 1993.
- [5] 刘青,彭晓兰,程时杰,等(LIU Qing, PENG Xiao-lan, CHENG Shi-jie, et al). 面向对象的电力系统专家系统设计(An Object Oriented Expert System for Power Systems) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1997,21(5): 33-36.

收稿日期: 2003-11-20; 修回日期: 2004-03-15

作者简介:

杨继涛(1971-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统调度自动化、电力市场等; E-mail: jitaoyang@sina.com

胡明(1971-),男,硕士研究生,工程师,研究方向为变电站综合自动化、电力系统调度自动化等;

吴琼(1979-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统调度自动化等。

杨以涵(1927-),男,博士生导师,研究方向为电力系统运行、分析和控制,人工智能在电力系统中的应用,光学互感器等。

(下转第58页 continued on page 58)

现,为电力系统的安全稳定运行服务。

收稿日期: 2003-11-06; 修回日期: 2003-12-01

作者简介:

陈忠(1975-),男,电气助理工程师,主要从事继电保护调试工作; E-mail: chenzhong888@sohu.com

文炎斌(1974-),男,电气助理工程师,主要从事电网调度工作。

Phase selection of microcomputer-based protection in extra high voltage line

CHEN Zhong¹, WEN Yan-bin²

(1. Guangdong Power Transmission and Substation Engineering Company, Guangzhou 510160, China;

2. Guangzhou Fanyu Power Supply Branch, SVA, Guangzhou 510000, China)

Abstract: Maloperations are made sometimes in phase selection of microcomputer based line protection in complex networks. The paper focuses on the shortcomings of some generally employed selection methods at home. And some proposals are put forward for phase selection.

Key words: line protection; phase selection; reclose

(上接第 18 页 continued from page 18)

Abstract: An approach of fast and optimum on-line fault restoration of transformer in the distribution substation is proposed with the combination of PN model and GA. The PN model is built to solve the operation of restoration strategy according to the substation running mode. GA is adopted with the function of optimum strategy based on the control of ordering and constraint strategy, which is optimized to cut load scheme according to the load reliability class, minimum operating time of load, the overload ability of healthy transformer capacity, and a little power on bus-tie current breaker. The results of the simulation show that the approach is feasible and effective and has high practical value.

Key words: distribution substation; service restoration; Petri Nets; optimum ordering strategy; genetic algorithm; object-oriented programming

(上接第 47 页 continued from page 47)

Design and development of dispatching sheet expert system for power network

YANG Ji-tao¹, HU Ming², WU Qiong¹, YANG Yi-han¹

(1. Department of Electrical Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. XJ Group Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: An object-oriented expert system for power system operation management in dispatching center is introduced in this paper. In order to reuse the source code and improve the performance of the software, the inheritance of object-oriented programming is employed in designing class hierarchy of the software, and only a limited number of classes are constructed based on the function and mode of operation object instead of real detailed types of device or bay. Based on object-oriented analysis and design techniques, a practical expert system is developed, which incorporates functions such as network topology, searching, knowledge production and derivation processing.

Key words: network dispatch; expert system; operation sheet; object-oriented technique