

图形辅助智能开票专家系统的设计与实现

王海滨¹, 王占朝¹, 郑晓波², 郑平³

(1. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039; 2. 四川电力送变电建设公司调试所, 四川 成都 610051;
3. 成都热电厂, 四川 成都 610072)

摘要: 针对现有操作票自动生成系统通用性和出票正确性水平仍需提高的现状, 提出一种图形辅助智能开票专家系统。对整个系统功能结构作了阐述, 具体对图元类的设计、图形辅助智能开票、图库一体化的数据库设计做了进一步的改进。系统结合专家系统的正向推理控制策略, 保证了开票的合理性和正确性; 利用面向对象技术改善了传统图形系统设计中图形编辑模块的可扩展性和通用性; 图库一体化更使得系统的操作、维护简单方便。

关键词: 图形; 面向对象; 专家系统; 操作票

Design and realization of expert system of graphics aided intelligent switch generation

WANG Hai-bin¹, WANG Zhan-chao¹, ZHENG Xiao-bo¹, ZHENG Ping²

(1. School of Electrical Engineering and Information, Xihua University, Chengdu 610039, China;
2. Sichuan Electric Power Transmission and Transformation Construction Company, Chengdu 610051, China
3. Chengdu Heat and Power Plant, Chengdu 610072, China)

Abstract: Expert system of graphics aided intelligent switch generation is presented in order to improve the universality and validity of the existing operation ticket automatic making system. The function structure of the whole system is introduced in this paper, doing some improvement to the design of graphic class, graphics aided intelligent switch generation and integration of graph-based database. It is guaranteed for the rationality and validity of the operation ticket by the forward-inference of expert system. Besides, the expansibility and universality of graphics edited module in the traditional graphics design is advanced by the object-oriented technique. So it is easy to operate and maintain by the integration of graph-based database.

Key words: graphics; object-oriented; expert system; operation ticket

中图分类号: TM734 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)23-0035-04

0 引言

电气操作票制度是我国电力系统运行管理中的一种防止误操作的有效安全措施, 它保证了操作的安全性, 对电力系统的安全运行起到了极其重要的作用^[1]。但是随着电力系统的不断发展、电网结构的日益复杂, 要求快速、准确无误的操作票编写工作面临着前所未有的挑战, 显然, 传统的手动操作票编写方式已经不能满足电力系统新发展形势下的要求。操作票的生成过程是对领域内大量知识和经验推理应用的过程, 而专家系统恰恰是一种弱求解方法, 适用于解决那些经验性、逻辑性强的问题。因此, 利用智能专家系统, 快速自动生成操作票,

提高出票安全性, 以供现场操作或作为一种辅助手段是发展的必然趋势。图形是工程中最简洁的语言, 网络图形是电力系统分析的基础。利用图形来实现操作票的智能生成, 对应设备的变化来改变图形的状态, 整个系统的操作过程更加简洁直观, 操作人员上手十分容易, 加快了开票速度^[2]。由于图形与元件参数很难达到一致性, 设备的简单变化会造成图形的繁重转换, 本文利用面向对象技术来进行图形设计, 使得元件的绘制、编辑、和参数数据同步连接, 避免了传统设计中数据和操作的潜在的不一性, 增强了系统的可扩展性和通用性。整个系统结合面向对象技术和专家系统的推理机制、知识表示方法完成了图库一体化的设计, 有效提高了操作运行人员的操作技能和企业的运行水平。

基金项目: 四川省教育厅自然科学科研重点项目(2004A116)

1 系统总体设计

整个系统由系统管理模块、图形管理模块、数据库管理模块、操作票管理模块组成。系统的总体设计及功能结构如图 1 所示。

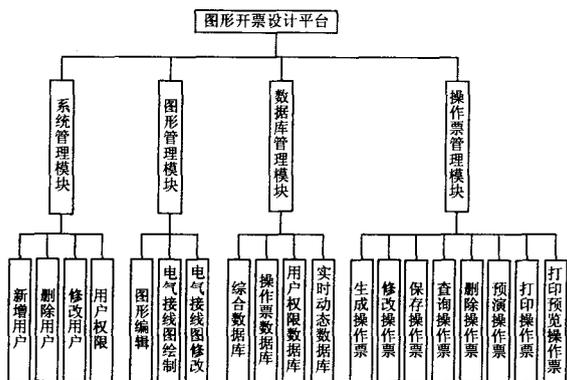


图 1 系统总体结构图

Fig.1 Whole structure of system

(1) 系统管理模块的功能主要是划分用户的权限,对用户进行管理。本系统共设有三种用户权限:系统管理员、标准用户和普通用户。系统管理员是最高级用户,标准用户次之,普通用户再次之。系统管理员能对用户进行管理(可添加或删除系统管理员和标准用户)。进入系统管理员和标准用户的操作要验证身份和密码。

(2) 图形管理模块主要负责编辑绘制电气接线图。用户通过鼠标选取放置在设备图形库里的图形控件绘制接线图,并且提供方便快捷的图形操作手段,如缩放、平移、旋转、复制、粘贴、删除等操作,方便的完成和修改接线图。

(3) 数据库管理模块主要负责管理系统的四个数据库:综合数据库、实时动态数据库、用户权限数据库和操作票数据库。综合数据库用于存放设备的综合信息,包括设备的基本参数、状态、拓扑网络连接信息等;用户权限数据库用来保存系统管理员和标准用户的用户名和密码,用户可通过人机接口对数据库中的用户资料进行增加、删除以及修改等操作;操作票数据库用来保存操作票;实时动态数据库用来存放 SCADA 系统传送过来的实时数据。

(4) 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、打印预览和打印等功能。用户可对系统生成的操作票进行修改、保存、查询、删除、预演、打印预览和打印等操作。

2 图元类的设计

绘制和编辑不同类型的电力图元是图形辅助开票系统最基础、也是最重要的功能。但是目前电力系统电气设备图元种类繁多,且每一种图元都具有自己的各种属性,如大小、形状、线宽、线格式(如光滑、点线等)、颜色、位置等;也具有自己的各种行为,如绘制、移动、旋转、缩放、复制、删除等。要实现这么多电力图元的绘制和编辑工作,工作量非常大。系统利用 Delphi 面向对象的编程思想和方法,通过建立类解决了此问题。图元之间虽然各不相同,但是可以从它们中抽象出部分共同的基本属性和共同的行为。

根据系统特点,设计图元基类 CDrawObj 以及图元绘制类 CDrawTool。其中,图元基类抽象了所有图元的属性及相关操作,包括电阻、开关、电动机等图元子类,表示为 CDrawRes、CDrawSwit、CDrawElec 等;图元绘制工具类用于处理绘图时坐标的记录和鼠标事件的处理,并创建新的图元实例,下设子类分别用来处理电阻、开关、电动机等不同类型的图元,表示为 CResTool、CSwitTool、CElecTool 等。

图元基类 CDrawObj 是需要创建的实例的抽象类,亦是用于创建对象的接口,而 CDrawRes 等组成具体的子类,子类决定实例化哪一个类;图元绘制类 CDrawTool 是抽象创建器的接口,具体的创建器由 CResTool 等子类实现。以子类 CDrawRes 和 CResTool 为例表示相对应的类关系结构如图 2 所示。

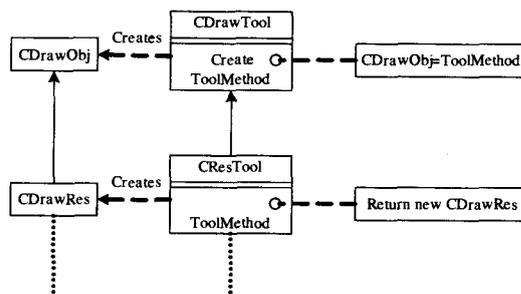


图 2 系统图元类关系结构图

Fig.2 Relation structure of graphic class of system

CDrawTool 声明 ToolMethod 方法,可以调用 ToolMethod 实现一个 CDrawObj 对象, CResTool 方法重定义 ToolMethod 方法以返回一个 CDrawRes 实例。其他的子类和基类的结构关系类似^[3]。

CDrawTool 类相当于一个对象生成的工厂,针对需要生成的不同对象使用相对应的不同的工具,并将不同的类对象作为接口返回。该模型的建立为软件提供了更好的一致性和可扩展性,也为后期维

护和升级提供了便利。

3 图形辅助智能开票的设计

由于操作票的生成过程是对领域内大量知识和经验推理应用的过程, 属于非数值问题, 以思维和推理为基础, 很难用明确的数学模型表达清楚, 所以传统的数值分析方法显然不能适用于该系统, 而专家系统是一种弱求解方法, 适用于解决那些经验性、逻辑性强的问题, 因此, 系统结合具有强大逻辑推理能力的专家系统来完成。主要由知识库、数据库、推理机、SCADA 子系统、知识库管理子系统、解释子系统等部分组成。图形辅助智能开票的结构图如图 3 所示。

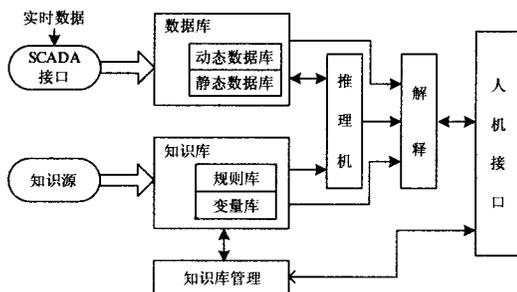


图 3 图形辅助智能开票的结构图

Fig.3 Structure of graphics aided intelligent switch generation

知识源就是有关电气运行的安全规程、规范、标准, 以及电气运行人员的现场经验知识, 这些构成了整个系统规则库, 采用 if-then 产生式规则表示知识, 它清晰的表示了知识的因果关系。由于操作规则数目较多, 对规则进行分类, 形成了多个规则组, 每个规则组对应一个数据表。变量库是规则库中规则的关系表达式条件对应的变量的集合。按规则库的分类建立变量表, 变量表中设置规则号、变量名、变量和对应值字段。关系表达式对应一个数值型变量, 约定“<”为 0, “=”为 1, “>”为 2, 以此作为规则库必须满足的语法规则。整个知识库由规则库和变量库构成^[4]。

数据库包括静态数据库和动态数据库。静态数据库存储一次系统结构参数和主设备参数。动态数据库存储专家系统推理过程中的全部中间过程结果和最终结果, 其内容随推理过程不断变化。

解释子系统的作用是记录推理过程并回答用户提问。这样可以使用户明白设计过程并可以此为根据对设计结果做出判断。

推理机是一组用来控制、协调系统运行, 按一定的推理控制策略调用规则库知识的程序模块。本次设计采用基于规则的推理, 选取条件驱动的正向

推理作为主要的推理策略, 并采用深度优先搜索方法, 其推理流程图如图 4 所示。设计过程中, 按照自然语言的陈述信息或者关系表达式对规则库的内容进行检索匹配, 逐条找出匹配的操作内容, 最后合并所有记录生成整张操作票^[5]。

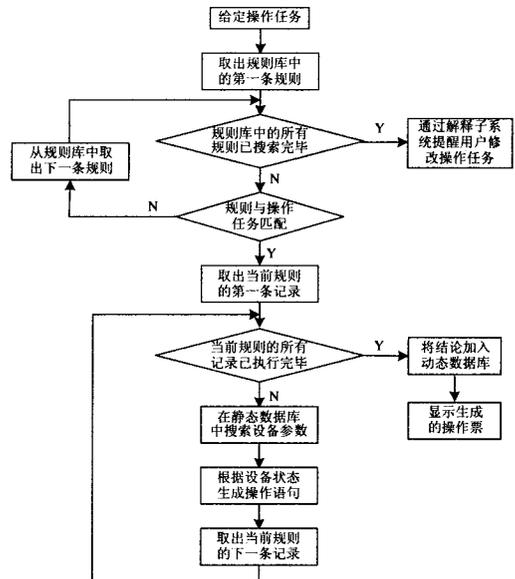


图 4 推理流程图

Fig.4 Flow chart of inference

知识库管理子系统实现对知识库的访问和维护, 通过人机界面对话框完成规则的增加、删除、修改、查询等操作, 而不需要对程序进行额外的修改。

SCADA 系统的实时数据完成设备状态的定期刷新, 使本系统的设备状态与现场设备实际状态一致, 确保在自动模式下生成的操作票不会出现操作项目的错漏项, 提高系统的开票正确率。

4 图库一体化的数据库设计

本系统采用的是图形数据库一体化^[6]技术来进行数据库的建立和维护。图形数据库一体化其实质是设备图元对象与数据库记录一一对应, 在定义了一个设备图元对象的同时自动追加一条数据库记录; 另一方面, 设备图元的参数根据数据库记录的结构自动修正。利用设备图元对象生成数据库记录是图形数据库的基础, 当数据库记录的字段改变时设备图元的参数必须随之自动修正, 才能真正做到图形数据库的一一对应。在定义设备图元对象时, 根据设备类的属性自动生成动态数据库及其动态图元属性, 并自动绑定了数据库, 数据库里存放的参数包括图元的坐标、长度以及放置方向等基本图形

信息。数据库结构采用按设备器件分类列表的关系数据库,即一种图元形成一个表,表的字段一般为图元的各种参数,一个图元对应一条单独的记录,而一张电力图对应一个数据库。下面给出变压器的表单结构:

变压器表 {ID号(主键); (x1, y1), (x2, y2);
长度; 放置方向……}

表单中记录电力接线图中各变压器的参数信息。字段都是由它的属性参数组成,其中, (x1, y1) (x2, y2) 分别表示图元的左、右端点坐标。ID号、端点坐标、长度、放置方向这些图元类参数由系统自动与数据库进行关联,其他的由用户输入,一般有默认值。一张电力接线图上的两个变压器由ID号来区分。

这种图库一体化的设计,用户面对的是直观的图形,避免了直接面对繁琐的数据,在生成设备图元的同时自动追加数据库记录,并且同时与图形绑定,省去了传统的直接面对数据库时所需的人工绑定,这样绑定不容易出错。

此外,在后台由嵌入SQL语句的主程序对数据库进行查询和转换,并加入图元推理类参数和各种计算准则,生成包含电网拓扑信息的数据库接口,方便系统和电力系统其他各功能模块进行信息传递,一个好的数据接口最能体现模块的独立性、易用性和通用性^[7]。

5 系统的实现

本系统利用Windows2000开发平台,采用Delphi作为开发工具,后台数据选用非常成熟的SQL Server数据库。利用面向对象的编程思想,以及当今先进成熟的计算方法和软件技术,整个系统把多种技术完美结合,技术上非常先进,而且操作上尽量做到灵活简洁,提供了很多快捷键,方便用户的操作。系统提供了一个设备图形库,在绘制过

switch generation

程中,用户可以单击选择图元放置在接线图绘制板上,并右键单击图元弹出数据对话框进行输入、浏览和修改图元参数,参数自动存入相应得数据库表中,绘制完成后,根据图元参数数据库的参数信息来完成网络拓扑分析,实现智能开票,完全而准确地满足用户的要求。系统界面如图5所示^[8]。

6 结束语

本文给出了一个从实际出发,结合电网运行人员的思维习惯和工作方式,具有鲜明特点的系统设计。该设计采用专家系统正向推理控制策略的推理机制,并结合SCADA实时数据,保证了自动生成的操作票的合理性和正确性;采用面向对象的思想和方法设计了一整套图元模型,提高了代码的重用性,图库一体化的数据库设计使数据库的维护和扩展都非常方便;界面友好,人机交互,操作简单。本系统具有较高的实用性和推广价值,目前已经在成都热电厂进行调试、试运行。

参考文献

- [1] 杨继涛,胡明,吴琼,等. 电网调度操作票专家系统的设计与开发[J]. 继电器, 2004, 32(15): 45-58.
YANG Ji-tao, HU Ming, WU Qiong, et al. Design and Development of Dispatching Sheet Expert System for Power Network[J]. Relay, 2004, 32(15): 45-58.
- [2] 刘伟,许珉. 面向对象的电力系统图形程序设计方法[J]. 继电器, 2003, 31(11): 44-47.
LIU Wei, XU Min. Method of Object-oriented Graphic Programming in Power System[J]. Relay, 2003, 31(11): 44-47.
- [3] 结城浩,等. 设计模式[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.47-53.
- [4] 胡耀垓,张晓星,等. 面向对象的变电站操作票专家系统[J]. 继电器, 2004, 32(21): 45-55.
HU Yao-gai, ZHANG Xiao-xing, et al. An Object-oriented Simulated Operation Expert System of Substation[J]. Relay, 2004, 32(21): 45-55.
- [5] 徐淑珍,朱子述,等. 变电站操作票仿真系统的面向对象设计和实现[J]. 高电压技术, 2000, 26(1): 39-48.
XU Shu-zhen, ZHU Zi-xu, et al. The Design of Simulation System of Operation Ticket in Substations[J]. High Voltage Engineering, 2000, 26(1): 39-48.
- [6] 杜红卫,许先锋,等. 与DMS平台一体化的配电网调度图形辅助开票及管理系统[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(19): 77-99.

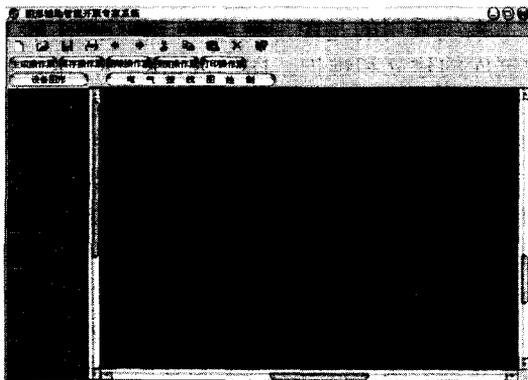


图5 图形辅助智能开票专家系统界面图

Fig.5 Interface of expert system of graphics aided intelligent

(下转第61页 continued on page 61)

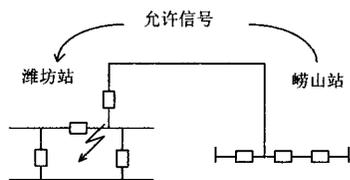


图2 一侧发允许信号, 另一侧不发

Fig.2 Both side of permissive signal

从潍坊站母线保护报告可以看出接下来05 ms母差动作, 启动操作箱TJR^[3], 跳开断路器, 至此理论分析和实际都是相同的。

潍坊侧断路器跳开, 根据500 kV线路保护的设计原理, 应该由跳开侧向另一侧长发允许信号, 然后另一侧保护联动。引出第一个思考点: 为什么另一侧没动?

4 逻辑分析

南瑞主保护的正方向元件都是瞬动元件, 即故障存在时启动, 故障消失瞬间返回, 所以当潍坊侧母差跳开断路器后, 由断路器的TWJ^[3]触点向对侧发允许信号, 考虑到开关的动时间(19 ms左右)和通道的延时(6 ms左右), 此时崂山站线路主保护的的正方向元件已经返回, 所以只是收信灯亮而不动作, 如图3所示。

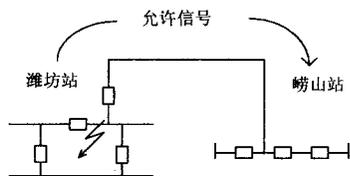


图3 一侧发允许信号, 另一侧返回

Fig.3 Both side of permissive signal

这也是为什么崂山侧运行人员在巡视设备时发现线路保护屏收发信灯都亮而保护不动作的原因, 即发信灯亮的941 ms是保护启动的时刻, 而收信灯在974 ms亮时保护已经返回了。

(上接第38页 continued from page 38)

- DU Hong-wei, XU Xian-feng, et al. Distribution System Dispatching Graphics Aided Switch Generation and Management System Supported by the Platform of DMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(19): 77-99.
- [7] 赵川, 李永, 等. 多智能体型电网调度决策支持系统[J]. 电网技术, 2006, 30(22): 59-66.
- ZHAO Chuan, LI Yong, et al. Grid Dispatching Decision-Making Support System Based on Multi-Agent[J]. Power System Technology, 2006,

第二个思考点应运而生: 联动的条件是什么? 通过分析我们可以看出母差保护05 ms启动后, 首先启动操作箱的TJR, 而后等断路器完全跳开后才启动TWJ, 很显然前者比后者快。如果把TJR的触点作为允许信号, 即在故障还没有切除的情况下向对侧发允许信号。显然此时崂山侧正方向元件还没有返回, 保护一定会联跳, 第二个问题迎刃而解。

5 结论

- 1) 500 kV 超高压线路已经成为山东电网的主干网, 对于出现类似的故障时允许信号究竟是由断路器的TWJ发还是由操作箱的TJR发值得思考。
- 2) 由于继电保护逻辑和回路的设计原因使得运行人员对保护的信号产生误解, 应该加强运行人员的技术业务培训, 特别是组织运行人员进行事故异常、处理、汇报程序的专题培训。

参考文献

- [1] 国家电力调度中心. 电力系统继电保护实用技术问答(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999. China National Electric Power Dispatching Centre. The Answers and Questions About Power System Protective Relay, Second Edition[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1995. ZHU Sheng-shi. The Principle and Technology of Protection Relay About High Voltage Power System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.
- [3] 南京南瑞继保电器有限公司 RCS900 说明书[Z]. Nanjing Nari-Relays RCS900 Instructions[Z].

收稿日期: 2007-03-13; 修回日期: 2007-04-11

作者简介:

邢海文(1979-), 男, 硕士研究生, 从事变电检修, 运行及保护工作; E-mail: diamondxhw@126.com
杨立超(1969-), 男, 超高压生技部主任, 从事管理工作;
余建(1969-), 变电检修专工, 男, 多年从事电力系统继电保护工作。

30(22): 59-66.

- [8] 申旻. Delphi 高手突破[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

收稿日期: 2007-05-18; 修回日期: 2007-07-10

作者简介:

王海滨(1964-), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为电网综合自动化及故障诊断;
王占朝(1981-), 男, 在读研究生, 主要研究方向为电网综合自动化。E-mail: tywzc1999@163.com