

适用于电力系统应用软件的图形平台开发与研究

杨海晶,李予州,杨宛辉,闫自凯

(郑州大学电气工程学院,河南 郑州 450002)

摘要: 介绍“城市高压电网运行智能决策支持系统”图形平台的设计、研究思想。本图形平台采用图形与数据分离的设计思想,使多个应用软件能够共享图形资源。讨论了网络模型的自动生成、图形平台的接口的设计思想以及图形平台的扩展功能。在充分研究图形平台正确设计思想的基础上开发的图形平台具有更好的通用性、开放性和可扩展性。

关键词: 图形平台; 拓扑结构

中图分类号: TM734 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)09-0043-03

1 引言

电力系统中应用软件种类繁多,它们的数据结构和模型复杂,要求显示画面丰富多样,在数据分析处理上要求实时性,还需要给用户快速、灵活、丰富的显示和操作手段,所有这些都使用户图形界面开发工作量增加,有时界面开发的工作量甚至超过了核心算法的工作量。当然,各种应用软件的图形界面也有许多共性,例如在一个110 kV电网的分析计算中,以简化的电气主接线构成的110 kV潮流分布图是状态估计、网架优化、无功优化等多个功能模块都需使用的。因此,针对这些特点,开发适合于电力系统高级应用软件的专用图形支撑平台,实现图形系统的共享是非常重要的工作。本文介绍城市高压电网运行智能决策支持系统图形平台的设计、研究思想。

2 图形与数据分离的设计思想

图形平台作为应用软件的人机交互界面,与系统的其它功能模块密切相关,它应具有通用性,本图形平台利用图形与数据分离的原则来拓宽平台的通用性^[1]。

数据是应用软件分析计算的基础。电力系统应用软件所需要的数据有设备参数、拓扑结构、运行状态、动态特性等。为形成拓扑结构它还需要另一种数据,这就是图形数据。所谓图形数据包括图形的形状、颜色、线型、线宽等。一个设备可能需要用多个图形符号来描述,如 N 个,那么它所对应的图形数据就不是单一的,而是 N 个。

在单一功能的应用软件中,由于数据量小,往往将图形数据和计算用参数统一管理,也有采用面向对象的编程技术,它们都是将同一电气元件的所有数据封装成一个类。显然这是一个很大的类,在功能多、数据量大的系统中应用将导致效率低和扩展困难。而采用图形与数据分离的思想设计图形平台,能够比较容易地解决这个问题。

图形与数据分离的原则如图1所示,它将图形数据封装在图形平台中,而其它参数封装在应用软件中,二者之间通过关键字、指针实现相互连接。在图形与数据分离的图形平台中,数据和图形可灵活组态,很容易满足图形与多种数据相关的要求。由图1可见,绘制完某一具体的图形后,它的拓扑关系一旦生成成为拓扑数据,就与设备参数、运行状态等参数数据一样,变成与图形数据分离的形式。任何一个高级分析计算软件运行时,都是与图形平台相独立的,这就实现了多个应用软件对拓扑数据和各种参数数据的资源共享,从而达到图形平台通用性的要求。

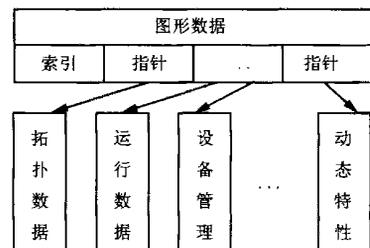


图1 图形与数据的分离

Fig. 1 The separation of figure and data

3 网络模型的自动生成

如上所述,利用图形平台绘制成的主接线图,必

须生成拓扑数据后方能为应用软件使用,也就是要将图变成网络模型。网络模型又分为原始拓扑模型和电力系统网络模型,一般又称它们为原始拓扑结构和电力系统拓扑结构。早期电力系统应用软件是用手工对节点和设备分类编号来描述其拓扑关系的。目前已发展为基于厂站主接线图自动生成拓扑结构,即生成设备的拓扑结构时,采用设备与设备之间通过端口相连,而不是基本图元相连的方法,这就不需确定内部基本图元的坐标关系,也就解决了大型厂站拓扑形成过程耗时的问题^[21]。所以,能否有效地自动生成网络模型是评价图形平台性能的重要标志。本图形平台自动生成网络模型的设计思想如下。

3.1 原始拓扑结构的生成

从数学角度讲,图形拓扑是一个广度优先或深度优先的搜索和整合过程^[31]。所谓原始拓扑结构,指其拓扑数据是与图形元件连接点属性相关的数据,也就是从图形几何角度出发的连通关系。比如利用图形平台完成主接线图录入后,这张图上的各设备就具备了相互之间几何连通关系,这就是原始拓扑关系。系统自动生成的原始拓扑数据以图形中各元件连接点属性为基础,拓扑数据的输出结果在拓扑表中独立存在而与图形本身无关,直至图形更改形成新的拓扑数据。因此,图形与系统分析应用软件相互独立,可以实现多个应用软件对拓扑信息的共享。原始拓扑包括图形拓扑文件和图形元件拓扑结构的生成。图形拓扑文件记录具有图形意义的设备图元的大小、位置、颜色、连接关系等,通过与客户区相关的映射算法,可以由图形文件在屏幕上重现。元件拓扑结构记录的是具有电力系统意义的元件定义与连接关系。

3.2 电力系统实用拓扑结构的形成

如上所述,原始拓扑结构描述的是图形的几何连通关系,但对某一运行方式下的各设备之间是否连通还需要由各开关量的状态来描述,即实现实质上的电气连通,这就是所谓的电力系统实用网络模型。原始拓扑结构是所有相关设备图形信息与电力系统特征的并集,是可以满足各种电力系统图形显示需要的拓扑数据集合,但对具体的应用则会产生大量冗余。因此,图形平台以具体应用为约束,对原始拓扑数据集合进行过滤,形成满足具体应用的拓扑数据子集。

电力系统应用分析软件运行中需要诸如电网的拓扑结构、各元件参数、遥测遥信的映射关系等信

息。在系统原始的动态和静态网络参数中,包含了上述充足的信息。但是这些信息对应用软件存在冗余,为了简化应用程序的参数处理过程并提高计算速度,平台自动对原始信息进行处理,提供应用程序所需要的实用拓扑结构。处理方法如下:

(1) 在拓扑信息的基础上,删除状态估计过程中不需要的元件,包括:所有测量表计、避雷器、地刀等。然后重新整理拓扑,将节点号连续化,并按厂站和电压等级排序。

(2) 根据原始遥信映射关系建立逻辑遥信映射关系。此过程是为了合并具有串联关系的开关遥信量,减少接线分析中的开关数和节点数,以达到提高其计算速度的目的。

本拓扑结构中的元件通过元件指针与图形文件中的设备图元、线路、母线关联。这样屏幕显示的图形就不仅是颜色与图形信息的简单组合,而是具有电力系统特征的一系列元件和元件机械连接及电气功能连接的可视化表征。经过上述数据处理后形成的拓扑结构,既满足应用软件的需要又提高了计算速度。

电力系统实用拓扑又可以分为实时拓扑和仿真拓扑。实时拓扑的开关状态信息取自于 SCADA 系统转发的实时遥信信息,为计算分析当前运行方式下的应用软件提供拓扑结构。而仿真拓扑是在实时拓扑的基础上,利用虚拟开关人为设置新的运行方式,即仿真一个任意的运行方式,为应用软件提供分析计算用的拓扑结构,以便优化选择所需要的运行方式。

4 图形平台的接口

图形平台需要与各应用软件接口,还需要与实时数据库接口,所以接口是图形平台设计的又一关键技术。

4.1 应用程序接口 PCAD

图形平台除了提供方便、友好的图形编辑环境,还为应用程序提供图形化界面支持,它将图形显示功能封装入一个名为 PCAD 的 ActiveX 控件^[41]。图形平台采用 ActiveX 技术,为系统中的其它应用程序提供图形支持。应用程序在完成图形功能时,可以像使用普通控件一样使用 PCAD 控件,通过控件的接口对图形对象进行操作,重新设置图形的属性值,改变图形显示的数据、设备的运行状态等。

控件的接口指的是控件所提供的属性、方法和事件。在图形平台中,PCAD 控件提供许多方法:如

按照图形号打开图形,设置指定元件的状态等;事件是控件接受用户操作时向应用程序发出的消息。在PCAD控件中提供的消息主要是鼠标,如:鼠标左键和右键的按下、弹起和双击等。

4.2 与实时库接口

图形平台接口及PCAD控件共同完成了平台与外界交换数据的功能,图形平台接口负责提供外界数据输入的渠道,而PCAD控件负责图形显示。其功能实现如图2所示,图形平台将图形信息封装在显示数据集中,可以通过控件的接口函数与应用程序交互。

通讯模块从SCADA系统获得实时数据,形成实时数据库并将实时数据库在全网镜像,图形平台显示模块从实时数据库读取遥信与遥测数据,并以这些实时数据为依据设置开关设备的开合状态和相应的运行值。所有这些都是通过建立内存映射文件(Map)^[4]实现,图形平台为系统应用软件提供共享数据以及接口。

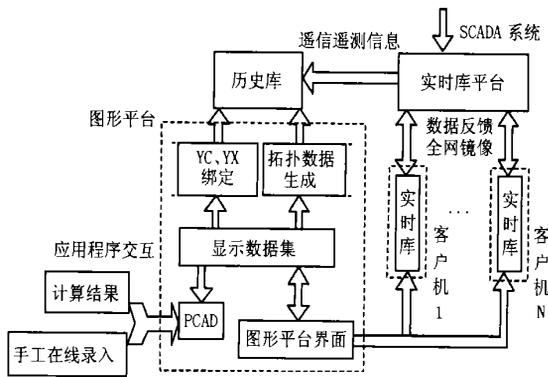


图2 图形平台接口

Fig. 2 The interface of graphic platform

5 图形平台扩展功能

本系统的图形平台还可以扩展出其他多种功能,如图形的着色。

图形平台提供运行环境模块也从实时数据库读取遥测与遥信数据,并以这些实时数据为依据设置开关设备的开合状态和相应的运行值。它与一般的图形显示的最大区别是:一般的图形显示界面显示的只是孤立的、单个的断路器开合或变压器的启停状态。通常的处理方法是对该图例贴上标签,通过简单的绑定实现,因此不具有电力系统含义。本平台在基于全网拓扑的基础上^[5],视整个系统为一个有机的、关联的整体。它除了具有一般图形的显示外,还可以体现各元件的连接关系和属性。仅以电

力系统图形显示的动态着色为例阐述。如图3所示,当10 kV I段母线上所带线路Ln₁出现故障时,若保护拒动,将越级到主变10 kV后备保护动作,即在保护作用下分段开关DL₅动作跳闸后再跳开DL₂。对于这种情形,运行人员无法立刻判定故障元件,而只能首先判定故障区域在1#主变以下的失电区域内。在一般的图形显示系统中无法标志出这个失电区域,本系统可以根据拓扑判断出1#主变以下的区域均为失电区域。其过程如下:由远动设备传来DL₅和DL₂的变位信息触动全网实时拓扑,根据开关状态进行拓扑分析,形成由带电元件构成的电气活岛和不带电元件构成的电气死岛。对电气活岛内的元件按照国家标准显示相应电压级的颜色;对电气死岛内的元件着用户定义的特殊颜色,对故障元件还可以用闪亮等手段特殊显示予以标记。这样,就可以给运行人员以明显的动态着色显示。

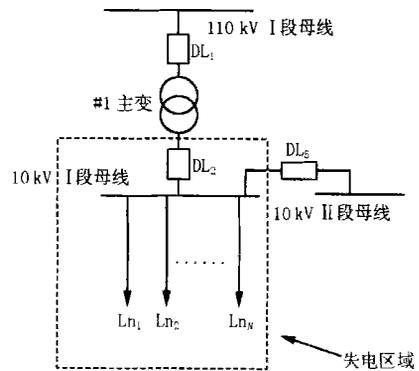


图3 部分电气接线图

Fig. 3 Partial electric connection figure

6 结语

本文分析了城市高压电网运行智能决策系统图形平台的研究设计思想,以此图形平台开发的决策系统已运行于南阳城市电网无人值班变电站集控中心。系统的功能涉及到安全经济分析、故障诊断与事故后的恢复控制、短路计算与分析等众多模块,由于图形平台的正确设计思想,使得各功能模块能共享图形资源而且运转良好。本图形系统的通用性使得它可以为其他电力系统应用分析软件应用。

参考文献:

- [1] 闫自凯,杨宛辉,王军. 电力系统智能支持平台的研究[J]. 继电器,2001,29(4):26-28.
- [2] 吴文传,张伯明. 基于图形数据库的网络拓扑及其应用[J]. 电网技术,2002,26(2):14-18.

(下转第48页)

长期由系统自动生成操作票而使运行人员养成惰性心理,造成他们操作技能的退化。

(2) 形成并打印出操作票后,可直接在本系统上进行实际操作前的模拟预演,而无需过去现场使用的庞大的模拟屏,节省了大量开支。

(3) 二次设备对象采用 ActiveX 技术开发,不仅从外形上看美观、逼真,而且可以有效地利用代码,提高开发系统的效率,同时提高系统的可维护性。其简练、规整的源程序代码更为开发人员带来了前所未有的方便。

(4) 系统通用性强。同一地区的电厂、变电站不用修改源程序,只需将具体电厂、变电站的拓扑结构数据输入到通用数据库中。对于不同地区的变电站,源程序只要稍作修改就可同样满足要求。

目前本系统已经在吉林省电力系统得到推广,并在东北三省的所有 500 kV 变电站中使用,效果很好。

参考文献:

- [1] NORMAN R J. 面向对象系统分析与设计[M]. 周之英,肖奔放,柴洪钧,译. 北京:清华大学出版社,2000.
- [2] 韩荣珍,邓瑞鹏,丁坚勇. 面向对象的智能型变电站操作票专家系统的设计[J]. 东北电力技术,2001,22(11):12-14.

收稿日期: 2002-12-27; 修回日期: 2003-01-23

作者简介:

邢晓敏(1973-),女,助教,工学硕士,研究方向为变电“两票”专家系统及微机防误闭锁系统在电力系统中的应用;

王丹(1977-),女,本科,主要从事电力运行管理工作;

刘玉兰,女,教授,研究方向为专家系统在电力系统变电“两票”中的应用等。

Development of general electric switching operation order system

XING Xiao-min¹, WANG Dan², LIU Yu-lan¹, TONG Ke¹

(1. Northeast Institute of Electric Power Engineering, JiLin 132012, China;

2. Liao Yang Electricity Bureau, Liao Yang 111003, China)

Abstract: The electric switching operation order systems which had been developed still have some deficiencies. Aimed at this state, an expert system of general electric switching operation was designed, which adopts these methods which establish a virtual substation and construct the models of facilities. Firstly, all the attributes of the electric switching operation system can be reflected. Secondly, all operations towards these attributes can be ascertained, for the aim of achieving all kinds of functions of the electric switching operation system. With the strategy of getting knowledge and the mode of expressing knowledge of expert system, the system, combining with object-oriented programming method, software engineering and technology of activeX, established an efficient dynamic model of the system. The system is general, flexible and utility.

Key words: electric switching operation; object-oriented programming; expert system; activeX control; substations

(上接第 45 页)

- [3] 殷人昆,等. 数据结构:用面向对象方法与 C++ 描述[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [4] KRUGLINSKI D J. Visual C++ 技术内幕(第四版)[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [5] Paris M, Bose A. A topology processor that tracks network modifications over time [J]. IEEE on PWRs, 1988, 3(3):28-31.

收稿日期: 2002-12-19; 修回日期: 2003-02-25

作者简介:

杨海晶(1977-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统监视与控制;

杨宛辉(1943-),女,教授,从事电力系统监视与控制方面的研究。

Study of graphic platform for the intelligent analytic software in power systems

YANG Hai-jing, LI Yu-zhou, YANG Wan-hui, YAN Zi-kai

(Electric Engineering School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The design and study approach of a graphic platform for the Intelligent Decision Supporting System in urban high voltage power systems is presented in this paper. By using the technique of separating data from graphic in this design, more application software can share the graphic resource. Other related contexts are also discussed including the automatic creation of the network configuration, the design of the graphic interface, as well as the extended functions. Based on sufficient study for correct design approach, the developed graphic platform has better common, open and extended attributes.

Key words: graphic platform; topology structure