

电力系统高级软件中的图形功能应用分析

胡旦, 王星华, 段献忠

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 对电力系统高级软件中的图形功能应用进行了概括与评述, 并介绍了在图形功能设计中的一些初步思路。通过分析各种图形应用的特点入手, 做了图形功能应用归纳, 工程实际应用特性分析, 功能设计中的关键问题研究等工作, 并对图形应用的发展趋势进行了探讨。

关键词: 图形应用; 电力系统; 拓扑结构; 图元

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)14-0065-06

0 引言

电力系统运行部门需要分析处理的信息数量大、类型广, 有效便捷地管理这些数据对电力系统实时监控、分析计算、模拟仿真、信息管理工作有着重要的意义。计算机图形技术在电力系统中的应用很好地解决了这个问题, 在软件中运用图形表达信息并引导各种操作的方法代替传统的文本、表格数据管理方式^[1~5], 使系统工作人员在形象、直观的图形化界面上工作而无需直接面对大量单调繁琐的数据^[6~7], 从而大大降低了数据处理工作的繁杂性与出错率, 为系统安全稳定的运行起到了重要的作用。

本文从图形功能应用归纳, 工程实际应用以及功能设计关键几个方面对电力系统图形应用功能加以分析与研究, 并在此基础上提出了今后图形应用的发展趋势。

1 功能应用归纳

图形在电力系统中的应用, 从最初在 EMS 系统中实现对电力系统的图形化实时监控, 到目前各类电力系统在线或离线分析计算系统、规划预测系统、信息管理系统、模拟仿真系统等。其实现方式也各不相同, 有完全独立开发的图形模块, 也有基于 GIS 图形平台等基础上的应用; 有采用基于文件的图形数据存储方式, 也有采用关系数据库来存储图形数据; 有电网图形的建立与实际电网拓扑结构的建立完全融为一体的图形化应用, 也有图形编辑与拓扑关系定义分离的应用; 有客户机/服务器模式的图形化客户端应用, 也有采用 ActiveX、Java Applet 来实现基于 Web 的图形支持的应用^[8~10]。但是, 图形功能与电力系统软件上层应用是松耦合的, 因而图形

模块可以独立分离出而自成体系, 常称为图形系统^[11~13], 它是借助图形表达方式直观、形象, 表达效果贴切逼真、易于接受的特点, 按电力系统图形符号标准并结合工作人员常用习惯来描述电力系统的网络拓扑、元件形式以及各种电力系统数据与信息的计算机应用平台。

图形在众多软件中的应用, 使图形的显示内容丰富多样, 数据的操作处理也各不相同, 但显示与操作的多样性只是对图形系统提供功能的多变应用, 作为支撑电力系统应用的图形平台, 图形系统需要完成的功能主要有以下几部分:

1) 电力系统的结构表达, 用图形直观的表示电网的地理分布, 厂站的接线形式, 形成电力系统的网络拓扑结构。常用的图形如: 电力系统地理接线图、全网一次主接线图、阻抗图、保护配置图等。图形常手工绘制而成, 也可由从其它途径获取的元件及拓扑信息自动生成。配合图形, 图形系统能够支持厂站接线形式分析, 电网结构的厂站分层显示, 图形画面截取, 图形打印与输出等应用。

2) 电力系统元件与信息的静态与动态表示, 图形系统用丰富形象的图元表达电气设备和电网数据, 并能静止 (如元件参数表示、电网接线构成) 或动态变化 (如发电机的功角变化, 潮流方向的指示, 负荷数据的变化) 显示各种状态与信息。图元可分为表示电力系统实际设备如发电机、变压器、母线的设备图元和辅助显示信息, 加强显示效果的显示图元, 如文本框、曲线、饼图、图片等。为了满足在实际应用中的各种表达要求, 图形系统可提供自定义新图元和修改已有图元的功能。对于图元, 系统提供灵活多变的操作功能, 如单个图元的缩放、颜色定义、动态设置; 多个图元的平移、对齐、分解、组合等应用。

3) 电力系统状态与各类应用的图形化表示与操作。图形系统利用显示画面的色彩变化或元件形式的不同来表示系统的不同状态,如在图形上以颜色的不同形成电压分布图,用断路器的不同形式表示开断状态等;并提供灵活的功能调用接口和简捷、全面的图形操作手段,能以整幅图形、单个图元或多个数据作为对象进行状态设置与各种上层应用,如潮流在电网图形上的显示与变化,分析计算结果数据的曲线分析等。

4) 电力系统设备与信息的图形化数据管理。图形系统提供方便的数据管理手段(如通过图形上的元件管理该元件的参数及状态信息)和输入、输出形式(如表格);有功能强大,存储方便的数据库,并能支持网络化管理。数据库根据实际应用需求相应设计,对于有实时性要求的,要考虑到时限及对内存的要求。非实时应用,常设计为标准的访问接口,以支持各类型数据库;可在数据库基础上提供直接与其它常用标准图形格式如 AutoCAD 的图形数据转换功能。在有网络应用需求的场合,则采用合适的网络传输技术如最新的 SVG 技术支持图形数据的传输。

2 工程实际应用

支撑电力系统应用的图形系统通常需要包含上节所提功能,但对于某些特殊的应用环境,会需要特殊的应用功能,或者强化某些图形功能,这就需要结合工程实际加以分析与设计。

2.1 实时处理软件中的应用

在工程应用中,非实时的图形应用对数据存储与图形画面刷新的速度要求不高,而在实时应用如实时监控系统中则要求数据存储、显示的实时性,并尽可能地少占用内存,以提高计算机性能。实时的图形系统具备以下特点:

1) 图形画面能够在要求的时限内实时刷新,刷新时保证图形的清晰与稳定,信号的明确与醒目。能以旋转、闪烁、变色等动态显示过程来对应不同现场设备的工作状况,用开关、刀闸等反映电网拓扑状态的变化^[14]。

2) 将图形显示与实时数据关联,自动生成图形显示信息。能通过图形实时反应各类操作如在线编辑主接线图,接收操作命令后迅速传递给主控系统,并将操作过程及系统的响应情况用画面或文字显示出来。

3) 事件信息及自检信息能够实时报告。当系

统检测到事故信号,预告信息及装置本身故障信号时,用画面、文字、闪烁或声音进行报警。

可见,应用在实时状态下的图形系统除具备通常的图形功能以外,满足实时状态下的各种需求是在设计与开发中主要考虑的问题。

2.2 高级分析计算软件中的应用

电力系统中分析计算类型众多,常用的就有:潮流计算、故障计算、整定计算、稳定计算、状态估计、负荷预测等,在这些分析计算软件中的图形系统应用也非常广泛,该类图形系统常见的主要特点有:

1) 将以往隐含于参数数据文件中的电网拓扑关系以直观的图形表现出来,实现电网接线图的所见即所得,通过图元之间连接关系形成的图形原始拓扑结构可自动进行电网拓扑分析,图元连接关系的变化对应着电网拓扑的变化。

2) 可在图形上直接输入分析计算时所需要的各类数据信息,能够方便地修改与查看。并且在图形上能选择性地显示各种计算结果,如短路计算后在相应的元件旁显示短路电流等。图形数据直接与数据库关联,图形上所做的修改直接影响数据库数据,图形表达内容与后台数据信息融为一体。

3) 针对实际应用,提供丰富的辅助计算分析时所用的图形功能。能够在图形上设置所分析对象的各种参数与状态,如设置发电机、变压器的启停,母联的开断来灵活设置系统运行方式;在故障计算中直接在图形元件上设置各种类型故障等。

可见,应用在分析计算中的图形系统的关键之处在于提供计算分析中对数据灵活的操作和丰富的显示以及各种分析计算所需的各类条件与状态的控制和设定,达到充分利用图形与计算数据相互关联的特点辅助计算与分析的目的。

2.3 综合管理信息系统中的应用

电力系统的信息类型众多,数据量大,需要存储与管理的信息非常丰富,对这些信息合理的管理,方便的查阅是个重要的问题。图形的应用,使工作人员无需面对单调的数据记录,而能够对其加以集中、直观的处理。其主要特点有:能够在图形界面上管理统计信息数据。支持在图形上对数据进行查询、分类、检索等操作;能够对管理的数据以饼图、曲线或表格的形式加以分析处理,并能够输出显示或打印;支持数据报表、曲线及图形的多种形式转换功能^[15]。通常支持基于网络的图形化信息发布。

因此,在这种应用下,图形系统强调的是对数据的图形化管理,并能用图形的形式对数据分析与处

理。

2.4 模拟仿真系统中的应用

在电力系统中,除去上面三种主要的典型应用外,图形在仿真系统中的应用也相当广泛。顾名思义,仿真就要模仿真实的场景与状态,图形则是达到此种目标的有力表现方式,因此图形应用在仿真系统中占有重要的地位。仿真应用中的图形系统,主要功能是提供仿真系统的真实感,直观快捷的操作过程以及加强对仿真结果的处理、显示和分析功能。若为实时仿真系统,则须考虑其实时性要求。文献[16]阐述了电力仿真系统图形编辑器的面向对象设计方法。文献[17]中则详细介绍了变配电仿真系统界面的实现过程。

3 功能设计关键

根据图形在实际工程中的应用,一个图形系统要在功能应用上全面丰富,强大易用,主要考虑的因素有:用于形成图形的图元的设计方式,紧密关联电力系统应用的拓扑构成方法,美观大方、功能强大的人机交互界面以及可重构、高复用的结构框架。它们决定了图形系统的性能与实用性。

3.1 图元的设计

图元是图形系统中的关键部分,信息的显示,用户的操作大多数通过图元完成。图元通常分为显示图元与设备图元。显示图元指表格、曲线、文本、棒图、饼图、图片等主要用于辅助信息显示的图形实体,一般都有其固定的特性。而设备图元是组成电力系统图形与拓扑结构的基本单位。常见的设备图元具备两类属性:显示属性与连接属性。显示属性包括形成设备图元的线条的颜色、类型、线宽,闪烁、旋转、大小、方位、动态变换等;而连接属性则指图元与图元之间的连接性质,如双卷变定义为两连接属性而发电机则为单连接属性,这是按照实际电力系统设备特性所确定的。

显示图元是具体的对象,功能较为明确,在设计时要充分考虑应用需求,每个对象要能够提供充足的功能,针对特殊需求应能够提供用户自定义功能。设备图元则由于直接代表了具体的电力系统设备元件,而在实际工程应用中不同的应用对元件有着不同的显示要求,并且新的设备元件类型也层出不穷,因此设备图元能够自定义就显得很有必要。设备图元的形状是由最基本的点、线、矩形、椭圆、三角形等基本图元构成,因而,通过基本图元可以构成各种形状的图元符号,在图元符号被赋予各种属性后,就形

成了实际可用的设备图元。

文献[11,18]讲述了通用信息模型(CM)中定义了作为工业标准的电网设备信息模型。CM的研究就是建立在设备图元的连接属性是规范的基础之上的,其概念及方法的提出,使图元的设计走向标准化的道路。图元的设计除自行开发外还有其它方式,CAD在工程应用中已成为标准图形格式,因此在电力系统有不少图形系统是直接在CAD的基础上二次开发而成,图元对象也由CAD中继承经过二次开发而来。文献[19]阐述了通过利用AutoCAD核心数据库的开放结构和ObjectARX提供的基类及类的继承、派生机制定义电力系统设备对象的过程,并给出了元件类的具体定义方法。文献[20]给出了基于AutoCAD2000的电气绘图二次开发,提供了电气图元菜单的生成方法及实施步骤。

3.2 图形原始拓扑结构的形成

设备间的原始连接关系也称为原始拓扑结构是图形系统要处理的主要问题,也是上层软件应用图形的基础,它对表达电网拓扑有着重要的意义。原始拓扑结构是根据设备与设备之间的相互连接关系最终得到的。图形的应用使原先用手工对节点和设备分类编号来描述原始拓扑结构的做法发展为基于厂站接线图生成原始拓扑结构的方式。

现有的图形系统形成原始拓扑的方法主要有三种:一是设备图元绘制时仅作为显示符号,具体连接关系在设备图元绘制完成后,由手工定义设备图元对应的设备及其连接关系,当所有的设备图元定义完成后自动生成原始拓扑;二^[21]是在作图过程中图形自动定义设备图元连接关系,设备图元对象具有连接属性,设备图元绘制时同时自动记录了相互间的连接关系,图形绘制完成时原始拓扑结构也同时形成;三^[21]是利用网格定位等手段使设备图元在坐标系统中严格定位,在作图时不用定义设备图元的连接关系,而在作图完成后,根据设备图元的坐标关系按照图形处理计算方法自动分析设备连接关系进而生成原始拓扑。

这三种方法中,第一种与后两种的区别在于,手工定义的设备连接关系,并不要求每个设备图元都有实际连接关系,这些设备图元可以只作为辅助式的显示符号,从而不参与生成原始拓扑。在实际应用中,对于同一个原始拓扑结构,常常要求根据已建立的拓扑结构能够自动形成多个图形,而且图形的显示内容并不相同,这用第一种拓扑结构的形成方式处理显得更为灵活,同样该方法也适用于EMS系

统中的图形与数据的绑定显示。

而后两种拓扑形成方法则都是自动过程,所有的设备图元都会在原始拓扑中得以反映,设备图元关联了连接关系,拓扑关系在绘制的同时就固定下来,绘制过程简单,拓扑形成方便。后两种的区别在于第三种方式无需在绘图时建立设备间的相互连接关系,但却多了图形坐标定位分析计算的步骤,在图形较大设备较多时,会比较耗时。在实际应用过程中,由于第二种方法设计结构层次清晰,应用简单,计算迅速,能满足大多数需求,从而得到了普遍的应用,尤其是在分析计算软件的应用中。

根据图形原始拓扑结构,能够进一步进行电网拓扑分析,文献[21]中提出了一种新的高效的基于节点融合的电网拓扑形成方法,文献[22]则提出了一种应用扩展的邻接表示法存储网络图形,并由此自动生成以母线为根的电网拓扑结构和以进线为起点的电网潮流结构的方法。

3.3 交互界面的设计

图形系统的交互界面是人机交互的主要窗口,是软件应用外观的主要部分,常以多层、多视口的形式设计,能够绘制各类二维图形以及在一定程度上支持三维图形处理功能。根据应用的需求,能够进行各种形式的静态或动态的图形表达。它在结构上是独立的,设计时与图形直接相关的功能由图形系统自身处理,与上层应用隔离。可以不局限于某一具体应用的功能开发,充分挖掘图形本身的各种潜在功能,开放出操作接口,以满足不断新增与多变的应用需求,使上层软件在图形应用时具有更强的灵活性和选择性。

由于图形技术不断发展,计算机性能继续提高,这促进了图形系统要求在功能设计上更为完善的同时,向追求图形画面更为美观逼真,图形效果更为显著细腻,图形形式更为丰富多样的方向深入发展^[23~24]。在设计时,结合人体生理、心理行为学的研究成果,一切以人为本,采用更为易于人体接受的色彩调配方案和画面结构^[25],使图形更为丰满生动,美观易用。

3.4 计算机技术支撑及结构设计

图形系统除解决本身图形处理的功能外,所采用的计算机技术也决定着该系统的能力与软件寿命。网络化技术^[26~27]、数据库支持、面向对象思想^[28~29]、组件技术^[12~13]、跨平台技术都影响着图形系统结构与功能的设计及开发。它们是对图形应用的技术封装,也是图形应用的推动力量。

随着图形系统在电力系统的大量应用,产生了对具有可复用、可扩展、高兼容、独立开放特性的图形支撑平台的需求。作为独立的平台,它能够提供接口函数灵活地增加新的应用工具与功能;能在不改变原有功能的情况下拓展应用范围;能够避免与特定应用程序的耦合关系。设计时将图形应用和上层应用分离,将图形功能独立封装于平台之中^[30],而后以组件的形式安插到上层应用程序中。这样,使图形功能的利用效率提高,大量减少图形方面的重复开发,提高图形开发资源与图形功能设计的共享能力。

结合前述内容,简略地给出图形支撑平台的结构设计思路。平台结构可以分为三层,见图1:图元基础层,定义图元的设计与拓扑的生成,是平台结构的底层,解决了构筑电力系统图形与电网拓扑的核心问题,是外围功能的基础;功能应用层,定义图形功能及给出外部接口,是结构的中间层,设计了图形平台的交互界面,是灵活应用各种图形技术与功能的关键;技术封装层,定义平台应用的计算机技术(网络技术、组件技术、跨平台技术等)与完成图形功能的外部封装,决定着平台在各种应用环境下的适应能力及应用范围。这个结构是由下而上逐级调用的,下级为上级服务,无法跨层或逆向调用,外部应用程序则通过封装后的接口调用图形功能,从而保证平台的独立性、完整性,并满足技术支持上的要求。

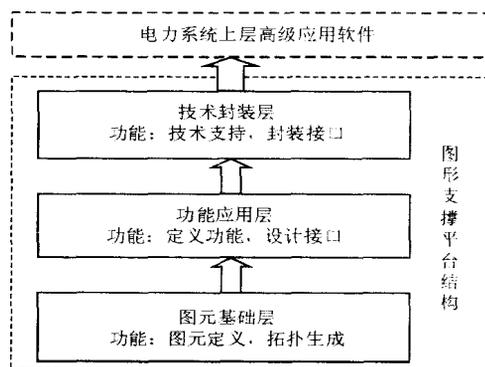


图1 图形支撑平台结构图

Fig 1 Architecture of graph supporting platform

4 发展趋势

图形在电力系统中各行业与领域的应用将会继续不断地深入,随着电力系统的发展和计算机技术的飞速进步,其功能将会更为强大,应用更为方便,主要有:

1) 图形的自动化生成。现阶段原始网络拓扑图形的绘制主要是依靠人的手工绘制来完成,计算机只能提供辅助设计的手段。因为构成一幅完整的具备原始拓扑结构的图形如一次接线图,需要包括系统厂站的地理方位信息、厂站接线形式、设备连接关系、设备类型及其参数等在内的数据,而现有的电力系统还不能做到所有信息能自动获得,因此自动化图形生成的目标还无法达到。随着数字电力系统概念的提出以及各项数字化工程的实施,电力系统的数据充分共享将成为可能,数据的获取不再成为困难,图形的自动化生成也将会变得轻而易举。

2) 图形应用的完全网络化。目前网络图形化应用主要还局限于信息的发布,图形信息在网络中传输速度上的限制决定了软件交互的能力,其它不能完全取代现有的单机或者客户/服务器的工作模式。随着网络技术的发展,以及计算机图形学、多媒体技术和计算机其它相关技术的推动,速度限制将不再存在,基于浏览器的工作模式将成为主流,电力系统软件在网络环境下的图形可视化应用将是指日可待。

3) 图形虚拟技术的应用。传统的计算机屏幕上的二维图形以及模拟的三维图形不可能完全再现真实的场景。随着计算机图形学的不断发展,其研究的新方向——虚拟现实技术有着诱人的前景。亲临现场工作,进行实地分析和研究,这些想象中的景象都会在虚拟现实技术的帮助下获得满足,其应用将会使得电力系统的运行与管理模式焕然一新。

5 结语

本文概括性地对电力系统的图形应用进行了阐述,分析了图形系统功能的主要内容、工程应用特点与设计关键,对图形应用的今后发展提出了看法。图形处理技术作为可视化技术在电力系统中应用的重要组成部分,随着计算机技术的发展,将会对电力系统全面可视化、自动化、智能化起到愈来愈重要的作用。

参考文献:

- [1] Mahadev P M, Christie R D. Envision Power System Data: Concepts and a Prototype System State Representation [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1993, 8(3): 1084-1090.
- [2] Mahadev P M, Christie R D. Envisioning Power System Data: Vulnerability and Severity Representations for Stat-

ic Security Assessment [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1994, 9(4): 1915-1920.

- [3] Gole A M, Nayak O B, Sidhu T S, et al. A Graphical Electromagnetic Simulation Laboratory for Power Systems Engineering Programs [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1996, 11(2): 599-606.
- [4] Patton J B, Jayanetti P, Lerley P. Fault Calculation Tool Brings System Responses to View [J]. IEEE Computer Applications in Power, 1998, 11(2): 43-46.
- [5] Shin J R, Lee W H, In D H. A Windows-based Interactive and Graphic Package for the Education and Training of Power System Analysis and Operation [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14(4): 1193-1199.
- [6] Huang J A, Galiana F D. An Integrated Personal Computer Graphics Environment for Power System Education, Analysis and Design [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1991, 6(3): 1279-1285.
- [7] Hatzigiorgiou N, Jaszczynski J, Atsaves G, et al. Building GUIs for Interactive Network Analysis [J]. IEEE Computer Application in Power, 1998, (5): 46-51.
- [8] 王永福,严亚勤,张伯明.基于CORBA多代理机制的新型EMS图形Web发布系统[J].电力系统自动化, 2002, 26(8): 65-68.
WANG Yong-fu, YAN Ya-qin, ZHANG Bo-ming. A New-Type EMS Graphics Web Publish System Based on the CORBA Multi-agent Mechanism [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(8): 65-68.
- [9] 蒋元晨,潘正珏.电力管理信息系统中图形的Web发布[J].电力系统自动化, 2003, 27(18): 61-64.
JIANG Yuan-chen, PAN Zheng-yu. Graphics Web Publishing in Electric Power Management Information System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(18): 61-64.
- [10] 李胜利,任军,赖菲.基于组件技术动态生成Web服务统计图形[J].电力系统自动化, 2003, 27(14): 79-82.
LI Sheng-li, REN Jun, LAI Fei. Development of Web Service Dynamic Statistic Graphics Based on Component Technology [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 79-82.
- [11] 邵立冬,吴文传,张伯明.基于CM的EMS/DMS图形支撑平台的设计和实现[J].电力系统自动化, 2003, 27(20): 11-16.
SHAO Li-dong, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming. A CM-based Interactive Graphics System for EMS/DMS [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(20): 11-16.
- [12] 闫自凯,杨宛辉,王军,等.电力系统智能图形支撑平台的研究[J].继电器, 2001, 29(4): 26-29.

- YAN Zi-kai, YANG Wan-hui, WANG Jun, et al Studies of the Intelligent Graphic Supporting Platform for Power Systems[J]. Relay, 2001, 29(4): 26-29.
- [13] 刘益青,陈超英. COM技术在电力系统图形生成子系统中的应用[J]. 继电器, 2002, 30(5): 40-43.
LU Yi-qing, CHEN Chao-ying Application of COM Technology in the Graph-producing Subsystem of Power System[J]. Relay, 2002, 30(5): 40-43.
- [14] 王新然,王心丰. 基于 AutoCAD的 EMS/DTS图形系统[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(3): 36-39.
WANG Xin-ran, WANG Xin-feng EMS/DTS Graphic System Based on AutoCAD[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(3): 36-39.
- [15] 赵杰平,房鑫炎,蔡敏,等. 基于图形界面的智能型继电保护综合信息管理系统[J]. 继电器, 2001, 29(2): 32-35.
ZHAO Jie-ping, FANG Xin-yan, CA Min, et al The Integrated Intelligent Management Information System of Protection Based on the Graphic Interface[J]. Relay, 2001, 29(2): 32-35.
- [16] 董朝霞,陈青华,范斗. 电力仿真系统图形编辑器面向对象的设计与实现[J]. 继电器, 2002, 30(6): 40-42.
DONG Zhao-xia, CHEN Qing-hua, FAN Dou Design and Implementation of Graphic Editor Based on Object-oriented Method in Power Systems Simulation[J]. Relay, 2002, 30(6): 40-42.
- [17] 李大海. 华东电网大型变配电仿真系统图形用户界面的实现[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(1): 41-45.
LI Da-hai Realization of GUI for Large Substation Simulation System of East China Power Network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(1): 41-45.
- [18] 董越,孙宏斌,吴文传,等. EMS中公共信息模型导入/导出技术[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(3): 10-14.
DONG Yue, SUN Hong-bin, WU Wen-chuan, et al Import/Export Technique Based on Common Information Model(CM) in EMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(3): 10-14.
- [19] 邱新福,陈刚. ObjectARX技术在电网 CAD中的应用[J]. 重庆大学学报, 2003, 26(2): 123-126.
QU Xin-fu, CHEN Gang Application of ObjectARX Technology in Power CAD[J]. Journal of Chongqing University, 2003, 26(2): 123-126.
- [20] 刘飞,冯林桥,陈湘波. AutoCAD电气图元菜单生成及数据库的连接[J]. 现代计算机, 2003, 159: 83-86.
LIU Fei, FENG Lin-qiao, CHEN Xiang-bo Creating of the AutoCAD2000 Electric Components Menu and Its Linkage with Database[J]. Modern Computer, 2003, 159: 83-86.
- [21] 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.
WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming A Graphic Database Based Network Topology and Its Application[J]. Power System Technology, 2002, 26(2): 14-18.
- [22] 陈超英,刘秀玲. 一种提高电力系统图形分析智能化的方法[J]. 继电器, 2000, 28(8): 28-31.
CHEN Chao-ying, LIU Xiu-ling A Method to Improve the Intelligent of the Graph Analysis[J]. Relay, 2000, 28(8): 28-31.
- [23] LI Fang-xing Web Tool Opens up Power System Visualization[J]. IEEE Power & Energy Magazine, 2003, 4: 37-41.
- [24] Maricar N M, Shahidehpour S M. An Object-oriented Graphic Representation for Engineering Network Analysis in Power System[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18(3): 782-787.
- [25] Wiegmann D A, Rich A M, Overbye M J, et al Human Factors Aspects of Power System Voltage Visualizations [A]. Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences 2002.
- [26] 张洁. 基于 Web技术的 EMS/ DMS图形和数据访问[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(15): 45-47.
ZHANG Jie EMS/DMS Graphics and Database Accessing Based on Web Technique[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(15): 45-47.
- [27] 李捷,杨志宏. Web技术在 EMS系统中的应用[J]. 中国电力, 2000, 33(3): 60-63.
LI Jie, YANG Zhi-hong Application of World Wide Web in Energy Management System[J]. Electric Power, 2000, 33(3): 60-63.
- [28] ZHU Jun, Lubkeman D L. Object-oriented Development of Software for Power System Simulations[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1997, 12(2): 1002-1007.
- [29] Pandit S, Soman S A, Khaparde S A. Object-oriented Design for Power System Applications[J]. IEEE Computer Applications in Power, 2002, 13(4): 43-47.
- [30] 杨海晶,李予州,杨宛辉,等. 适用于电力系统应用软件的平台开发与研究[J]. 继电器, 2003, 31(9): 43-46.
YANG Hai-jing, LI Yu-zhou, YANG Wan-hui, et al Study of Graphic Platform for the Intelligent Analytic Software in Power Systems[J]. Relay, 2003, 31(9): 43-46.

收稿日期: 2004-10-26; 修回日期: 2004-11-21

作者简介:

胡旦(1979-),男,硕士研究生,从事电力系统图形应用及相关软件技术研究; E-mail: husthd@163.com

(下转第78页 continued on page 78)

- sertation[D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2002
- [8] 张荣涛,孙宇,等. 远程分布式智能故障诊断系统的结构研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2000, (9): 48-50
ZHANG Rong-tao, SUN Yu, et al. Research of the Architecture of Remote Distributed Diagnose System[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2000, (9): 48-50
- [9] ZHANG Rong-tao, SUN Yu. Research and Development of Remote Distributed Fault Platform Technology[A]. ICME2000 Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineer Shanghai(China): 2000. 20-22
- [10] 张荣涛,孙宇,等. 网络化制造模式下的装备维护与故障诊断研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2001 (8): 13-16
ZHANG Rong-tao, SUN Yu, et al. Research of Equipment Diagnose and Maintenance Based on Network[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2001, (8): 13-16
- [11] 钱清泉. 铁道电气化微机监控技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000
- QIAN Qing-quan. SCADA Technology in Railway[M]. Beijing: China Railway Press, 2000.
- [12] 盛寿麟. 电力系统远程监控原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998. 11.
SHENG Shou-lin. Theory of the Remote Surveillance and Control of Electric System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998
- [13] 湖南省电机工程学会. 无人值班变电站的运行、维护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
Hunan Electromotor Engineer Institute. Run and Maintenance of Self-service Substations[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

收稿日期: 2004-11-10; 修回日期: 2004-12-13

作者简介:

侯贸军 (1973 -),男,讲师,硕士,研究方向为智能监控技术; E-mail: houmaojun12@sohu.com

钱清泉 (1936 -),男,院士,研究方向为智能监控技术、变电站综合自动化。

Research of the architecture of substation remote maintenance system

HOU Mao-jun¹, QIAN Qing-quan²

(1. Hubei Automotive Industry Institute, Shiyan 442002, China; 2. Electric Engineer College, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: From the need of substation automation system and the development of its administration mode, the whole framework, logic framework, function framework, system information mode, soft architecture and network architecture of substation remote maintenance are studied in detail. The architecture not only meets the need of substation automated system maintenance, but also is compatible with substation maintenance system at present. It provides safety and efficiency service for substation maintenance.

Key words: substation system automation; network; remote maintenance; system architecture

(上接第 70 页 continued from page 70)

王星华 (1972 -),男,讲师,从事电力系统继电保护整定计算理论及相关软件技术研究;

段献忠 (1966 -),男,教授,博士生导师,从事电力稳定、FACTS、信息化电力系统、电力市场等领域的研究。

Analysis of graphic functions applications in advanced software of power system

HU Dan, WANG Xing-hua, DUAN Xian-zhong

(College of Electric and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper summarizes the applications of graphic functions in advanced software of power system, and introduces some design methods. By analyzing characteristics in the different graphic applications, it puts forward function analysis, project application features and study of the key functional design. Furthermore, the development trend of graphic applications is discussed.

Key words: application of graphics; power system; topology structure; graphic component