

智能变电站图模一体化设计软件实现方案

叶翔¹, 刘辉², 周永忠²

(1.南京南瑞继保电气有限公司,江苏南京 211102;2.重庆市电力公司,重庆 400015)

摘要:提出一种面向设计的智能变电站图模一体化软件实现方案,通过以智能变电站各一、二次设备为配置对象,通过提供丰富的配置界面,实现智能变电站内从主接线图、装置建模、物理通信连接、虚拟二次回路连接等一整套完整的设计工作;并依托自动计算机辅助设计软件(AutoCAD)二次开发技术,将智能变电站中的配置数据按照用户的需求自动生成各类 AutoCAD 施工图纸。

关键词:IEC 61850;智能变电站;系统配置描述;图模一体;AutoCAD

中图分类号:TM76

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)03-0041-04

智能变电站最核心的技术革新在于使用网络技术代替传统二次接线传递数字和模拟信号,原有直接可观、相互解耦、具象的二次接线由不直接可见、相互高度耦合、抽象的网络数据流代替,并通过 IEC 61850-6 中定义的变电站配置描述(SCL)语言^[1]将全站所有配置信息静态描述在系统配置描述(SCD)文件中,但 SCL 语言基于可扩展标识语言(XML),装置间逻辑关系等配置信息表示得较为晦涩,一般用户很难快速查看和配置智能电子设备(IED)间的逻辑关系。由此,许多基于 IEC 61850 的 SCD 配置软件也应运而生^[2,3],它们部分实现了可视化,对使用者屏蔽了 XML,大大提高了编辑 SCD 文件的效率。目前国内智能变电站系统配置工具多由各生产厂商提供,由担任集成角色设备制造厂商使用,虽已部分实现可视化,但由于功能不完善,且没有充分考虑设计人员的使用习惯,难于向各设计单位推广。随着越来越多的智能变电站投运,并陆续进入运行、维护周期,各网省公司均加大了对智能变电站设计描述方法和运行维护策略的相关研究工作。其中,为设计单位提供符合其使用习惯的配套工具,突出设计单位的设计、集成、配置一体功能显得越来越重要。鉴于此,文中提出一种面向设计的智能变电站图模一体化设计软件实现方案。

1 智能变电站设计需求

1.1 设计现状

在现有的智能变电站建设过程中,其二次设计成果主要包括:系统接线图、屏柜布置图、二次原理图、光缆联系图或表、网络配置图、光缆清册、虚端子联系图或表。其中,系统接线图、屏柜布置图、二次原理图、光缆联系图或表、网络配置图、光缆清册等图纸设计方式和原有的常规变电站基本一致^[4,5]。但由于缺乏配套的设计工具,加之设计人员对 IEC 61850 相关知

识不甚了解,导致目前对于表征系统二次回路交互的虚端子连接关系仍然停留在自动计算机辅助设计软件(AutoCAD)制图、电子表格(EXCEL)制表阶段,不能直接生成 SCD 配置文件,由于依赖集成厂商在后续系统集成工作中将虚端子联系图或表在 SCD 中进行配置,直接导致了重复的配置工作,且无法有效地保证 IEC 61850 模型的一致性。此外,由于虚端子联系图或表一般由设计单位根据设备厂商提供的装置能力描述(ICD)文件单独配置形成,与反映设备物理连接关系的外部光缆联系图相对独立,因此无法有效地建立逻辑回路(虚端子连接)与物理回路(光缆连接)之间的对应关系,直接导致后续调试、运行、维护工作的困难。

1.2 设计要求

理想情况下,设计人员除完成常规的一、二次接线图外,还需要根据各设备厂商提供的 ICD 模型文件及变电站一、二次设备的配置原理完成完整的全站数据模型配置和变电站的数据流连接,并最终生成反映全站模型及逻辑信息交互的 SCD 文件。

完整的设计成果还应反映逻辑回路与物理回路之间的对应关系,具体来说就是某个物理光纤回路中传输的虚端子信号。设计人员要综合考虑物理光纤回路与虚端子连接配置之间的对应关系,改变现有物理回路与逻辑回路单独设计的工作方式,真正做到在设计层面上完善和提升智能变电站的设计深度。

1.3 软件的功能需求

智能变电站图模一体化设计软件需要满足目前智能变电站的设计深度要求,并在充分符合设计人员使用习惯、尽量屏蔽 IEC 61850 模型细节的基础上,着重实现一二次设备对象管理、配置以及 AutoCAD 出图功能。具体包括:

(1) 实现包括小室、屏柜、设备、交换机等在内的二次设备对象建模及各设备对象的创建、修改、删除等维护功能;

(2) 实现包括设备原理信息交互、线缆分配等在内的二次物理通信回路配置功能;

(3) 实现包括虚拟二次回路、逻辑子网、SCD 导入/导出在内的 IEC 61850 模型配置功能;

(4) 依托 AutoCAD 环境,实现包括二次原理图、虚端子图、屏柜布置图、光缆联系图、网络配置图、光缆清册等在内的图表生成功能。

2 软件的开发方案

2.1 系统架构

智能变电站图模一体化设计软件旨在为设计人员提供一套实用配置工具软件系统,通过提供专用的配置界面,在完成智能变电站内各一、二次设备对象配置的同时自动生成配套设计图纸,并同时实现 SCD 文件的生成功能。

智能变电站图模一体化设计软件的基本实现原则由“配置”到“出图”,所谓配置是指对智能变电站内的各一、二次设备对象进行数据建模,并在此基础上提供专用的配置界面实现各类一、二次设备对象的配置功能。出图则是指根据智能变电站内各设备对象的配置结果,按照特定的布局原则自动生成 AutoCAD 图纸。

智能变电站图模一体化设计软件首先在系统架构上将配置功能与设计图纸功能进行拆分,即配置功能独立于 AutoCAD,可直接采用各类高级语言开发实现,而与设计图纸相关的功能可通过采用 AutoCAD 平台上面面向对象的开发包(ObjectARX)等二次开发技术,以插件形式嵌套在 AutoCAD 系统中。在此基础上形成的系统架构如图 1 所示,系统由二次配置环境和 AutoCAD 设计环境两部分组成,二次配置环境中主要完成设备对象管理、物理通信配置以及 IEC 61850 模型配置功能,其输出结果为各类报表及 SCD 文件;AutoCAD 设计环境则专注于实现各类设计图纸的生成功能,生成的图纸包括主接线图以及各类二次施工图。二次配置环境和 AutoCAD 设计环境通过专用数据库进行数据交换,在数据库中存储二次配置环境的配置结果,并在 AutoCAD 设计环境中将配置的结果生成导出为各类所需的施工图纸。

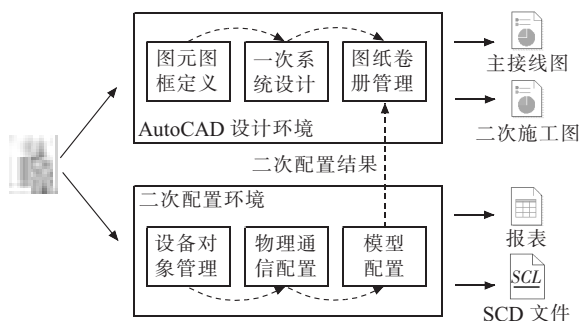


图 1 软件系统架构

2.2 关键技术及难点

2.2.1 AutoCAD 二次开发

AutoCAD 是一种结构高度开放的图形绘制平台软件,提供给用户一个功能强大的二次开发环境。从 AutoCAD R13 版本起,引入了 Object ARX 编程环境,用户可以使用 C++ 来开发 AutoCAD 的应用程序。Object ARX 应用程序与 AutoCAD 在同一地址空间内运行并能直接利用 AutoCAD 的核心数据库和代码,利用 AutoCAD 的开放结构,可以直接访问其数据库结构、图形系统以及 CAD 几何造型核心。由于 Object ARX 具有模块性好、独立性强、连接简单、使用方便、内部功能高效实用、代码可重用性强、支持微软基础类库(MFC)等优点,已愈来愈多地作为 AutoCAD 二次开发的首选。

2.2.2 XML 数据库

在智能变电站的设计应用中,若直接对 XML 文本进行编辑,不利于图形界面的开发,需借助数据库的方式对 XML 数据进行存取和操作,将半结构化数据转化为结构化数据,通过查询数据库来提取,综合和分析 XML 文档的数据。

基于数据库的 XML 存储技术,图形编辑模块和模型编辑模块都能够从数据库中获得需要的信息,如图形编辑模块所需要的扩展属性和模型编辑模块对模型的导入、导出、编辑等各类型操作,但在数据库表的设计上需要充分考虑 IEC 61850 标准的复杂性以及与 AutoCAD 属性结合时的信息耦合,避免从数据库中导出信息时发生信息错误或不完整的情况。

2.2.3 图模一致性

图模一致性的目的在于保证设计人员在完成模型配置、导出符合 IEC 61850 系列标准 SCD 文件的同时,能够自动生成与模型一致的设计图纸用以指导现场的施工调试。

在智能变电站中,装置的 ICD 模型文件反映了装置自身的能力描述,通过对 ICD 文件的建模方式加以规范,则完全可以根据规范化的建模原则建立装置图元。例如,在现有的智能变电站工程实施过程中,要求满足 Q/GDW 396—2009^[6],该标准在一定程度上规范了装置虚端子的描述方式,该规范的修订版本已经上报国网公司,修订版本进一步对装置的物理端口模型进行了规范。

引用或定义各类建模标准、建立标准化的装置模型,是解决图模一致性问题的有效途径。以虚端子为例,标准^[6]规定,以 dsGOOSE 或 dsSV 命名开头的数据集定义装置的输出虚端子,以 GOIN 或 SVIN 开头的逻辑节点中定义了装置的输入虚端子。通过该原则提取出装置的输入/输出虚端子,则可以采用图形

化的手段构建出装置的输入/输出端子图元。

2.3 软件实现

2.3.1 功能模块分解

如图2所示,根据系统提供的功能种类的不同,智能变电站图模一体化设计软件分解为项目管理子系统、通信配置子系统、模型配置子系统以及AutoCAD子系统,各系统及其进一步的模块划分如下所述。

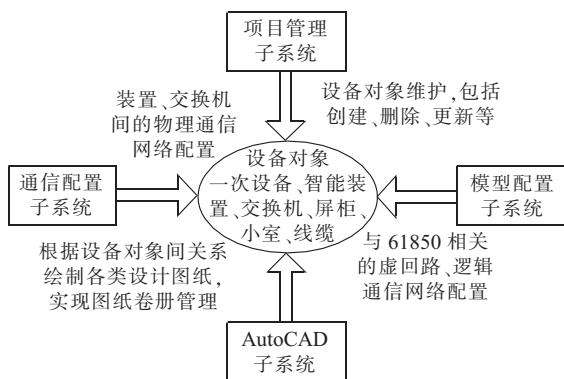


图2 软件系统功能模块

(1) 项目管理子系统。该系统实现工程项目的维护管理功能,并提供对各类设备对象的浏览、创建、删除、修改等维护功能,此外还包括系统设置、用户权限管理、版本管理功能。

① 项目浏览器模块:实现单个工程项目内所有设备对象的浏览功能,并提供针对设备对象的创建、删除、修改的维护功能。

② 用户权限管理模块:实现包括用户创建、删除、修改在内的用户管理功能,并提供用户权限的自定义功能。

③ 装置库管理模块:装置库按照设备装置所属的生产厂商、设备类型、产品型号等,将可被多个工程复用的装置进行分类组织管理。装置库管理模块提供相应配置界面,实现装置库中各类装置的维护管理功能。

(2) 通信配置子系统。该系统实现站内各设备对象的物理通信回路配置浏览功能,并根据配置后的物理通信回路,实现回路间通信线缆的配置管理功能。

① 物理端口连接配置模块:以单个智能装置或交换机为配置对象,根据该设备对象的板卡插件以及物理端口定义,实现该设备对象与站内其他设备对象间的物理端口连接配置。

② 线缆管理模块:根据站内设备对象间的物理端口连接关系,自动生成相应连接线缆,并提供针对线缆类型、长度等属性的修改功能。此外,还应提供包括光纤组缆、光缆拆分、光配端口分配等站内光纤回路的常用维护管理功能。

③ 虚拟局域网(VLAN)配置模块:根据站内设备对象间的物理端口连接关系,并综合考虑设备所属间

隔等情况,自动划分站内VLAN,并提供相应配置界面允许手动调整VLAN划分。

(3) 模型配置子系统。模型配置子系统根据站内智能装置对象的ICD模型描述,提供包括虚端子连接配置、端子描述改名、逻辑子网配置在内的与IEC61850相关的配置功能,并最终实现SCD文件的自动生成。

① 虚端子配置模块:以单个智能装置为配置对象,以接收信号为配置内容,根据智能装置间的物理端口连接关系,自动分析该装置接收端口关联的发送智能装置,建立发送智能装置虚端子信号与该装置接收虚端子信号的关联关系。

② 逻辑子网配置模块:实现MMS/GOOSE/SMV逻辑子网的划分,并配置子网内IP地址、组播地址等通信参数。

③ SCD导入/导出模块:SCD导出将根据站内智能装置对象的ICD模型描述,以及相关的虚端子配置、逻辑子网配置,自动生成符合IEC61850规范SCD文件。

(4) AutoCAD系统。AutoCAD系统根据设备对象间的各类配置关系,依托ObjectARX二次开发,通过插件形式在AutoCAD系统进程中实现各类图纸卷册的绘制、导出及管理功能。

① 图元图框定义模块:实现包括一次设备、二次设备物理背板、端口等在内的自定义图元功能,此外,根据设计出图的需要,实现自定义图框的功能。该模块以单个AutoCAD插件实现。

② 图纸卷册管理模块:对站内生成的各类图纸按卷册进行组织管理,提供包括新建、删除、修改等在图纸卷册管理功能。此外,该模块应能读取设备对象间的各类配置关系,根据各类自定义的二次设备图元,按照设计单位要求自动生成各类二次施工图纸。考虑各级设计单位出图的差异性,该模块应能通过模板或其他自定义手段实现不同需求图纸的导出生成功能。该模块以单个AutoCAD插件实现。

③ 一次系统设计模块:根据自定义的一次设备图元,绘制系统主接线图,并分析一次设备间的连接关系,自动生成相应的一次设备对象模型。该模块以单个AutoCAD插件实现。

2.3.2 数据库实现

智能变电站图模一体化设计软件的数据存储采用开放源码的小型关联式数据库管理系统(MySQL),根据数据应用范围的不同,将数据分为基础数据及工程数据,并采用分数据库的方式将这些数据存储在不同的数据库中。

其中基础数据库用于存储各类与具体工程无关的

且相对固定的基础数据信息,如装置类型、电压等级、用户权限、系统设置、工程模板等,此外基础数据库中还应存储特定工程与下述工程数据库的对应关系。

工程数据库则用于存储与特定工程相关的设计配置数据信息,工程数据库本身亦采用分数据库的方式,将不同工程的设计配置数据存储在不同的数据库中。

智能变电站图模一体化设计软件在启动后首先应读取基础数据库中的数据,初始化系统所需的基础数据信息,检查用户登陆权限,并根据用户选择的具体工程打开与之对应的工程数据库。

3 结束语

进入智能变电站时代,变电站的设计、配置及管理各个环节与传统变电站都有很大的不同。相对传统变电站,智能变电站更加注重统一建模、统一配置、统一管理。但用户仍然保持着传统的使用习惯,这对变电站设计软件提出更高的要求。软件既要充分体现智能变电站的技术特征,又要屏蔽底层复杂的技术细节,能够让用户既能体会到智能化给变电站运行带来的技术优势,又能不改变传统的工作方式和习惯,不增加额外的工作量。针对面向设计的智能变电站图模一体化软件的实现方案,从需求、实现等几个方面进行了阐述,

希望借此能给智能变电站的设计以及配置软件开发者带来一些新的思路,开发出能够满足普通用户需求、更加方便实用的工具软件,推动智能变电站的发展。

参考文献:

- [1] IEC 61850-6:Communication networks and systems in substations - Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs[S].
- [2] 祁忠, 笃峻, 张志学, 等. IEC 61850 SCL 配置工具的研究与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(7): 76-81.
- [3] 陈桥平, 李一泉, 张弛. 面向不同用户的可视化变电站配置语言工具实现方案[J]. 广东电力, 2012, 25(3): 88-92.
- [4] 娄悦, 秦华. 220 kV 西泾智能变电站二次系统设计技术研究[J]. 电力勘测设计. 2011 (2): 61-64.
- [5] 王克祥, 王秀莲, 李响, 等. 智能变电站网络通信引起的二次系统设计变化[J]. 电力勘测设计, 2013 (5): 60-65.
- [6] 国家电网公司. Q/GDW 396—2009 IEC 61850 工程继电保护应用模型[S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

作者简介:

叶翔(1979),男,湖南湘潭人,工程师,从事电力系统及其自动化专业的应用研究工作;

刘辉(1969),男,四川达县人,高级工程师,从事电力系统及其自动化专业的应用研究工作;

周永忠(1972),男,甘肃兰州人,工程师,从事电力系统及其自动化专业的应用研究工作。

Implementation of Graph and Model Integration Software for Smart Substation

YE Xiang¹, LIU Hui², ZHOU Yongzhong²

(1. Nanjing NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211100, China;

2. Chongqing Electric Power Company, Chongqing 400015, China)

Abstract: This paper presents a proposal for the implementation of graph and model integration software for smart substation. The software takes primary and secondary equipment as the configurable objects, provides plenty of user interfaces for configuration, and eventually implements a complete set of design works for smart substation. The functionalities of the software include drawing single line diagram, modeling equipment, physical connection and virtual connection, etc. Additionally, based on the AutoCAD-based development, the software organizes and analyses the configuration data and exports them in various AutoCAD drawings according to user requirements.

Key words: IEC 61850; smart substation; SCD; integration of graphic and model; AutoCAD

下 期 要 目

- 基于直流概率潮流的风电穿透功率极限计算
- 500 kV 线路远方跳闸保护运行分析及改进措施
- 变压器调压区均压环的设计与优化
- 汽轮机通流效率与机组热耗率关系的计算
- 一起直流系统故障引起的新路保护动作分析
- 基于电压补偿原理的避雷器泄漏试验方法研究
- 配电网线路最优分段数算法研究及应用
- 对 2 条线路相机跳闸的保护配置分析
- 新一代继电保护及故障信息管理主站的设计与实现