

基于 CIM 标准和 SVG 的分散式图模合并

钱 锋^{1,2}, 唐国庆¹, 顾 全^{1,2}

(1. 东南大学电气工程系, 江苏省南京市 210096; 2. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏省南京市 211100)

摘要: 电力系统调度一般采用分级电网监控方式, 各级调度系统的电网模型及采集信息相对独立, 存在一定的信息孤岛问题。基于公用信息模型(CIM)标准和可缩放矢量图形(SVG)画面格式, 提出了分散式图模合成方法。该方法通过分析上下级调度系统之间的关口电网, 对分散在各调度系统的电网模型和厂站画面进行合并, 形成一个完整、详细的电网描述。在此基础上, 提出建立一个分散式调度图模合成的在线系统, 实现全网分散维护、合并建模、统一监视。测试表明, 该方法可以有效解决各级调度系统间的信息孤岛问题。

关键词: 公用信息模型; 图模合并; 关口电网; 可缩放矢量图形

中图分类号: TM734

0 引言

目前, 电力系统调度普遍采用分级电网监控的方式。网局调度系统负责监视 500 kV 及以上的区域主干网络, 包括网际和省际联络线部分; 省局调度主要监控省内 500 kV 及 220 kV 主干网; 地市级系统负责本地区的 220 kV 以下的电网部分。在各级调度系统中, 一般只建立本级调度监控范围内详细的电力网络模型, 外网部分采用等值处理方式。

这种分级监控的调度方式, 使得各级电网模型及采集信息无法共享, 存在一定的信息孤岛问题。如何实现这些系统标准化的信息集成和共享, 具有重大的实际意义^[1]。例如: 针对全网模型的电力高级应用分析, 可以更好地制定本区域电网的运行方式。全网调度员培训仿真(DTS)联合培训仿真系统, 可以保证电网运行在关口部分数据一致, 使仿真培训结果与实际系统运行更接近^[2]。

本文研究了基于公用信息模型(CIM)标准和可缩放矢量图形(SVG)格式的分散式图模合并方法。该方法通过分析上下级调度系统之间的关口电网, 对分散在各调度系统的电网模型和厂站画面进行有效合成, 形成一个详细、完整的电网描述。在此基础上, 本文提出构建一个在线运行系统, 实现全网分散维护、合并建模、统一监视, 有效解决了调度系统间的信息孤岛问题, 进一步可以进行全网电力高级应用分析、DTS 联合培训仿真等扩展功能和应用。

1 模型合成

1.1 电网模型描述

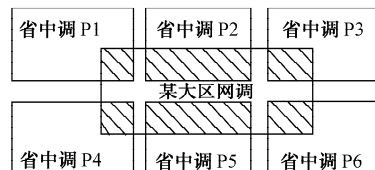
模型合成, 是将分散在各地(网、省、地区)的调

度主站电网模型, 通过关口合并的方式形成本区域详细的电网描述。各级调度主站模型, 主要描述了该地区电网的导电设备、量测对象及设备间的连接关系。

当前, IEC 61970 标准为电力调度系统信息标准化提供了技术规范^[3-4], 国内各调度系统平台已经直接采用或全面支持 CIM 来描述电网结构^[5-8]。因此, 各级调度系统可以基于 CIM 标准的可扩展置标语言(XML)文件建立各自主站的电网模型, 作为全网模型合成的基础。

1.2 关口电网分析

各网、省、地区级电力公司的能量管理系统(EMS)主站系统, 一般只建立本级调度监控范围内的电网详细模型, 其余部分采用等值处理。图 1 所示为某大区网调及各省调系统的电网模型范围。



图表示网调与各省调系统中电网模型重复建立的部分, 即关口电网

图 1 某网调及各省调度模型示意图
Fig. 1 EMS model for some zone and each province

关口部分的厂站在各级调度系统中的模型并不同。以某 500 kV 变电站 A1 为例, 在网调和省调系统中该厂站的模型如图 2 所示。

网调模型中, A1 厂站 500 kV 高压侧电网建模与实际电网一致, 中/低压侧采用等值负荷模型, 忽略了这部分的电网连接。省调模型中, A1 厂站 500 kV 高压侧的部分线路被等值, 被等值的线路属

于省际联络线;220 kV 侧的建模非常详细,3 条线路将 A1 站与其余厂站连接起来,体现了 220 kV 等级的电网连接情况。

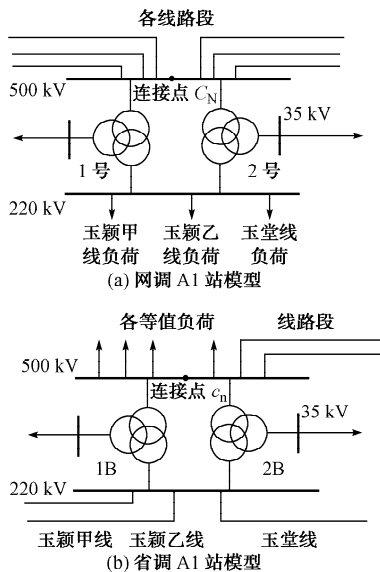


图 2 500 kV 站 A1 模型示意图

Fig. 2 Sketch map of 500 kV substation A1

一般说来,各级调度主站系统建模特点为:网调模型中,500 kV 站的中/低压侧部分、220 kV 站等值处理;省调模型中,500 kV 站的省际联络线部分、220 kV 站的中/低压侧等值处理;地调模型中,220 kV 站的外网联络线部分等值处理。

因此,模型合成的前提在于清楚关口厂站和设备在各级调度系统中是如何等值表示的。关口电网的等值包括厂站等值和设备等值 2 种情况。

1.2.1 厂站等值

等值厂站通常用于对本级调度监控范围以外的外网系统的等值。厂站等值情况可分为 2 种:

1) 虚拟等值厂站:在真实电网中并不存在,厂站内部由几台等值机组或几个等值负荷组成,用于模拟外网和联络线走廊的输入/输出功率。电网模型合并时,虚拟等值站可以被忽略。

2) 简化等值厂站:对应真实厂站,厂站内的某些设备进行了等值简化处理。模型合并时,简化等值厂站要根据具体设备的等值情况进行处理。

1.2.2 设备等值

设备等值在各级调度模型中比较常见。通常,各级调度对监控范围外的电网部分进行等值建模处理。例如:图 2 示例的变电站 A1,在网调模型中定义了一个等值负荷“玉颖甲线负荷”,对应省调模型中的一条线路“玉颖甲线 2552”。

模型合成使用关口设备定义的方式来描述各类

设备等值情况。关口设备定义是将本调度系统中设备的等值模型对应到其余调度系统中该设备的真实模型上。设备等值及关口定义主要包含以下几种情况。

1.2.2.1 变压器等值

从拓扑结构而言,变压器用于连接同一厂站内的不同电压等级设备。由于各级调度基本上按电压等级划分监控范围,等值变压器比较普遍。具体等值情况为:变压器的中/低压侧所带的具体设备被等值;或者根据自身送/受电情况,变压器直接被等值为负荷或发电机,等值情况如图 3 所示。变压器对应的关口设备定义为:变压器 T1—等值变压器 T2 或变压器 T1—等值负荷 D1 或变压器 T1—等值发电机 G1。

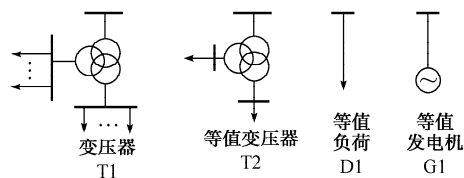


图 3 等值变压器示意图

Fig. 3 Sketch map of equivalent transformer

1.2.2.2 线路等值

从拓扑结构而言,线路用于连接不同的厂站。根据线路自身送/受电情况,一条或多条线路可以被等值为负荷或发电机。

线路等值情况如图 4 所示,对应的关口定义为:线路 L1—等值负荷 D1 或线路 L1—等值发电机 G1。



图 4 等值线路示意图

Fig. 4 Sketch map of equivalent AC line segment

1.2.3 示例说明

以图 2 表示的变电站 A1 为例,该厂站关口设备定义为:

A1 站 网调变压器 1 号—省调变压器 1B

A1 站 网调变压器 2 号—省调变压器 2B

该定义表示:500 kV A1 站的高压侧电网部分依据网调模型,中/低压侧电网部分依据省调模型,合并组成详细的 A1 站电网结构。

1.3 关口模型合并

模型合并,即根据关口设备定义,去除各模型中的等值电网部分,提取有用的电网描述信息,共同组成全网的详细模型。模型合并的结果,既要反映关

口电网处的真实设备模型,又要保证正确的设备连接关系。

对于设备模型的描述,可以直接根据关口设备的定义,忽略等值设备,建立被等值设备的真实模型。如果变压器被等值,合并模型中还要包含该变压器中/低压侧的所有设备。例如,某变压器被等值为负荷,则在合并处理时,建立该变压器及中/低压侧的所有设备对象的模型,替代等值的负荷对象。

对于设备连接的描述,以 CIM 标准表达的电网模型,设备之间的连接完全由设备端点与连接点的关联关系表示^[3-4]。根据等值情况的不同,设备连接的处理方法具体如下:

1)如果变压器直接被等值为负荷或发电机,则将该变压器的高压侧的端点 T_M 连接到等值设备所在的连接点 C_N 上,建立高压侧卷的端点 T_M 与连接点 C_N 之间 1..N 的关联关系。该变压器中/低压侧所带的设备连接关系保持不变。

2)如果变压器中/低压侧所带的设备被等值,则将该变压器的高压侧连接到对应变压器高压侧卷所在的连接点 C_N 上。该变压器中/低压侧所带的设备连接关系保持不变。

3)如果厂站内的线路被等值为负荷或发电机,则将该线路在本厂站侧的端点 T_M 连接到等值设备所在的连接点 C_N 上。

以图 2 所示的变电站 A1 为例,模型合并后的厂站结构如图 5 所示。

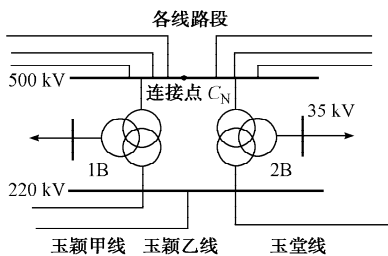


图 5 变电站 A1 合成模型

Fig. 5 Composite model of substation A1

1.4 全网模型生成

综上所述,利用各级调度系统的 CIM、厂站等值分析和关口设备定义,生成区域全网模型的具体步骤如下:

1)根据厂站等值情况,确定合并电网由哪些调度系统中的厂站组成。一般说来,500 kV 厂站取网调系统、220 kV 厂站取省调系统、110 kV 及以下厂站取地调系统。

2)依次处理每一个厂站,合并模型中去除本厂站内的等值设备。如果是等值变压器,中/低压侧所带的设备也要被去除。

3)根据每一个厂站的关口设备定义,得到本厂站等值设备对应的详细模型,将详细模型连接到对应连接点的位置。详细的变压器模型,可以补齐该厂站的中/低压侧的电网结构。详细的线路模型,可以建立本厂站与相邻厂站的电气连接。

4)建立合并电网中各设备的量测对象,形成本区域的全网详细模型。

2 图形显示

2.1 图形标准

作为网络中矢量图形文件的工业标准,SVG 为电力系统的图形显示提供了新的技术手段。SVG 是由 W3C 组织发布的一种基于 XML 的开放式二维图形描述语言,具有标准开放、矢量缩放、平台无关、网络发布等特性^[9],完全可以支持电力系统的一次接线图。

当前,各调度系统的图形平台逐渐开始支持 SVG 格式的厂站画面^[10-11]。2007 年上半年,国家电力调度通信中心计划进行基于 SVG 格式的画面互操作试验,并逐渐制定 SVG 文件描述标准。因此,以 SVG 格式作为画面交互的基本格式,各级调度系统形成各自监控区的 SVG 厂站画面,作为全网详细模型中各厂站画面显示的基础。

2.2 图模一体化

合并后的全网详细模型,必定要求模型中的电气设备、设备量测和厂站画面相关联。分析 SVG 文件描述标准,SVG 对于设备的描述主要集中在 $\langle g \rangle$ 组中。 $\langle g \rangle$ 组中每一个设备对象都可以描述一个 ID。如果将该 ID 与 CIM 电网模型中对象的 RDF/ID 进行关联,保持一致,则可以通过解析 CIM 文件中设备的 RDF/ID,得到 SVG 文件中对应的设备 ID,进而得到该设备对象的图形描述,实现图模一体化功能^[12-13]。

画面中的端点、连接点、量测等对象可采用类似处理。例如:将画面量测对象的 ID 与 CIM 中量测类对象(遥测、遥信等)的 RDF/ID 保持一致,可实现厂站量测的图模一体化。

2.3 图形合成

与模型合成类似,各级调度提供 SVG 格式的厂站画面在关口电网处也需要进行图形合并,与合成后的详细模型保持一致。

基于 SVG 格式的画面文件,普遍采用图元引用的方式来描绘厂站设备^[12-13]。图元定义描述了不同类型电力系统对象在画面中的显示形状和方式。各具体设备对象,使用 xlink:href 语法引用本类型的图元定义。设备显示则按照 matric 方式对图元描

述进行坐标变换。变换表达形式为 $\text{transform} = \text{matrix}(a, b, c, d, e, f)$, 坐标变换公式如下:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: x, y 为原始坐标值; x_1, y_1 为实际坐标值。

根据设备绘制方式和式(1)可看出,在 SVG 描述规则 defs(如图元定义)一致的情况下,设备变换表达式的参数 $a \sim d$ 保持不变,则该设备在各级调度系统画面上显示的形状、大小、颜色等完全一样。因此,只要计算出关口设备在各自调度厂站画面上的坐标偏移量,修正被等值电网设备的 e, f 参数,使其能够“平移”显示在原等值设备所占的画面区域,就可以实现图形合成功能。

以图 2 所示变电站 A1 为例,网调厂站图上的变压器 1 号坐标位置为 (x_0, y_0) ;对应的变压器 1B 在省调厂站图的位置为 (x_1, y_1) ,则坐标偏差量 $(\Delta x, \Delta y)$ 为:

$$\begin{cases} \Delta x = x_1 - x_0 \\ \Delta y = y_1 - y_0 \end{cases} \quad (2)$$

用该偏差量 $(\Delta x, \Delta y)$ 修正变压器 1B 及所带中/低压侧设备的坐标表达式参数 e, f , 得到新的 e', f' 值为:

$$\begin{cases} e' = e - \Delta x \\ f' = f - \Delta y \end{cases} \quad (3)$$

将参数修正后的设备 $\langle g \rangle$ 组文件段合并到网调的 SVG 文件中,删除原变压器 1 号部分。变电站 A1 的合成结果为:以网调 SVG 厂站文件为模板,变压器 1B 及所带中/低压侧设备,显示在原变压器 1 号所在的画面区域,合成后的图形与该变电站详细模型保持一致。

由于各类设备使用不规则的图形表示,很难直接确定该设备的坐标位置。而端点 T_M 对象与设备直接相连,在画面上一般显示为一个“点”。因此,可以利用设备端点 T_M 的坐标作为设备的位置参考。各类设备端点选取方法为:变压器取高压侧卷的端点;线路取本厂站侧的端点;负荷/发电机取本设备连接的端点。

3 系统运行

基于上述电网模型与 SVG 画面的合成方法研究,可以建立一个在线运行的分散式调度图模合成系统,实现全网分散维护、合并建模、统一监视,并可为全网数据发布、高级应用分析软件提供模型和厂站画面支持。

3.1 系统架构

系统运行架构见图 6。分散在各地的各级调度系统主站通过文件传输协议(FTP)方式将 XML 模型文件和 SVG 图形文件传送到运行平台。模型合成服务接收 XML 文件生成全网模型;建立全网实时数据库;画面合成服务接收图形文件生成对应的 SVG 厂站画面,通过人机界面系统显示全网各厂站图。

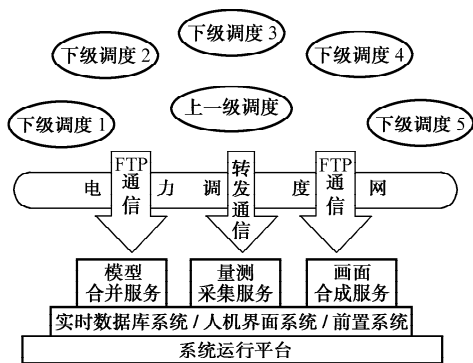


图 6 图模合成系统架构

Fig. 6 Configuration of composition system

各地的调度系统主站通过转发通信将监控与数据采集(SCADA)系统数据发送给量测采集服务。该服务根据协议信息序号 idx 将接受的数据填入全网实时数据库的对应设备量测表中。如果 SVG 画面描述了前景数据显示,则可以同时在厂站画面上显示实时量测数据,并通过 Web 进行发布。

在此系统平台上,可以进行电力高级应用分析功能如全网状态估计、潮流计算等。进一步扩展,还可以为全网 DTS 联合培训仿真等电力应用提供模型和画面支持。

3.2 系统维护

全网详细模型的形成以各级调度主站系统的电网模型为基础。因此,模型的维护主要依靠这些调度主站。各级调度系统在各自的主站端对电网模型进行维护后,以厂站为单位将更新过的厂站模型和 SVG 画面通过 FTP 方式传送到平台,实现全网模型的在线分布式维护。

3.2.1 模型维护

模型合并服务接收更新的厂站模型文件,首先根据 1.4 节所述的方法进行全网模型合并。然后将更新后的全网模型,采用对象增量处理方式导入合成系统平台的实时数据库中,供全网统一监视、DTS 全网仿真等高级应用使用。

对象增量方式,主要是比较新、旧全网模型之间的差异,对差异部分进行实时数据库的增、删、改操

作,具体处理方法为:

1)增加操作:如果维护厂站中对象的 RDF/ID 在原全网模型中不存在,则在数据库中增加该对象;

2)删除操作:如果原全网模型中对象的 RDF/ID 在更新模型内不存在,则删除该对象;

3)修改操作:如果维护厂站中对象的 RDF/ID 在原全网模型中存在,比较该对象属性是否变化,并更新属性。

3.2.2 画面维护

模型合成服务接收更新厂站的 SVG 画面文件,采用 2.3 节的方法进行该厂站的画面合并,保证厂站显示画面与最新的全网模型保持一致。

3.3 运行测试

测试采用某大区电网网调、C 省省调的调度系统电网模型,进行模型合成、画面合并、数据转发等方面的测试,测试系统架构见图 6。图模合成系统运行硬件平台为 SUN V440 服务器;区域网调、C 省省调的模拟系统分别运行在 DELL380 工作站上,通过局域网在线发送主站模型、画面文件、模拟转发报文等。

3.3.1 模型合并测试

电网模型中共包含 343 座厂站,与 C 省省调的关口电网处共有 22 座 500 kV 变电站、61 座 220 kV 及等值站。C 省省调共包含 218 座厂站。统一以关口电网处 500 kV 变电站的各台主变作为关口设备,共 52 处变压器关口设备定义。

模型合并结果为:该区域全网详细 CIM 共包含 478 座厂站,形成该模型及对应实时数据库共耗时 72.8 s。全网模型中 500 kV 电网接线与网调保持一致,220 kV 及以下的电网接线在 C 省部分与该省调度的电网模型一致,极大地提高了该区域电网模型的精确性。

3.3.2 画面合成测试

选取关口电网处的 22 座 500 kV 厂站进行了 SVG 画面合成测试。单个厂站 SVG 画面合成耗时约 3 s~5 s,合成后的画面与模型保持一致,实现图模一体化。其中,小部分合成后的 SVG 图形在被等值处的显示比例不协调,还需要略做人工调整。

3.3.3 数据转发测试

区域网调、C 省省调的模拟系统使用传统通信协议 DL 476—92 发送模拟量测数据。系统平台的前置系统分别建立 RTU 通道与虚拟系统通信,根据协议信息序号 idx 将量测数据写入对应的量测表中。测试表明,量测数据的发送与接收、显示保持同步,完全可以满足全网数据实时监视需要。

4 结语

针对当前各级调度系统之间主站模型及采集信息无法集成共享的问题,本文通过分析上下级调度之间的关口电网,基于 CIM 标准和 SVG 格式,实现了分散式电网模型和厂站画面的完整合成。

在此基础上,本文提出建立一个分散式图模合成系统,实现全网分散维护、合并建模、统一监视。测试表明,该系统可以有效解决模型分散和信息孤岛问题。利用该系统平台,还可以实现全网电力高级应用分析、全网 DTS 联合培训仿真等应用功能。

顺便指出,CIM 标准目前已经成为国内调度系统遵循和支持的模型规范,而基于 SVG 格式的图形标准还没有形成,这给画面合成带来了一定困难。因此,本文提出的画面合成带有一定的前提条件。未来各级调度系统在模型、数据接口、画面等方面实行统一标准和规范,则系统之间信息的互联互通将会更加便利。

参考文献

- [1] 辛耀中. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势. 电网技术, 2001, 25(12): 1-10.
XIN Yaozhong. Development of trend of power system dispatching automation technique in 21st century. Power System Technology, 2001, 25(12): 1-10.
- [2] 温柏坚, 张海波, 张伯明, 等. 广东省地区电网外网等值自动生成系统设计. 电力系统自动化, 2004, 28(20): 77-79.
WEN Bojian, ZHANG Haibo, ZHANG Boming, et al. Design of a real-time external network auto-equivalence system of sub-transmission networks in Guangdong. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(20): 77-79.
- [3] IEC 61970-401 EMS API-Part1 401: component interface specification (CIS) framework.
- [4] IEC 61970-301 EMS API-Part1 301: common information model [CIS] base.
- [5] 王为国, 代伟, 万磊, 等. 调度自动化系统数据共享模式的探讨. 电力系统自动化, 2005, 29(4): 88-91.
WANG Weiguo, DAI Wei, WAN Lei, et al. Discussion of data sharing mode in electric power network dispatching automation system. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(4): 88-91.
- [6] 董越, 孙宏斌, 吴文传, 等. EMS 中公共信息模型导入/导出技术. 电力系统自动化, 2002, 26(3): 10-14.
DONG Yue, SUN Hongbin, WU Wenchuan, et al. Import/export technique based on common information model (CIM) in EMS. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(3): 10-14.
- [7] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 基于 CIM XML 电网模型的互操作研究. 电力系统自动化, 2003, 27(14): 45-48.
LIU Chongru, SUN Hongbin, ZHANG Boming, et al. An investigation on a common information model for energy management system. Automation of Electric Power Systems,

- 2003, 27(14): 45-48.
- [8] 张慎明, 黄海峰. 基于 IEC 61970 标准的电网调度自动化系统体系结构. 电力系统自动化, 2002, 26(10): 45-47.
ZHANG Shenming, HUANG Haifeng. Architecture of power dispatching automation system based on IEC 61970 standard. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(10): 45-47.
- [9] The World Wide Web Consortium (W3C). Scalable vector graphics (SVG) 1.1 specification 2003[EB/OL]. [2006-06-05]. <http://www.w3.org/Graphics/SVG/Overview.htm>.
- [10] 李亚平, 姚建国, 黄海峰, 等. SVG 技术在电网调度自动化系统中的应用. 电力系统自动化, 2005, 29(23): 80-83.
LI Yaping, YAO Jianguo, HUANG Haifeng, et al. Application of SVG in the dispatching automation system of power network. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 80-83.
- [11] 邵立冬, 吴文传, 张伯明. 基于 CIM 的 EMS/DMS 图形支撑平台的设计和实现. 电力系统自动化, 2003, 27(25): 11-17.
SHAO Lidong, WU Wenchuan, ZHANG Boming. A CIM-based interactive graphics system for EMS/DMS. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(25): 11-17.
- [12] 陈传波, 吴文方. 基于 SVG 的图元对象描述模型的研究. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(10): 50-52.
CHEN Chuanbo, WU Wenfang. A study of description model of graphic element object based on SVG. Huazhong University of Science and Technology: Natural Science, 2002, 30(10): 50-52.
- [13] 秦华, 高毅雄, 王康元. 能量管理系统中图形 SVG 导出的实现. 继电器, 2006, 34(8): 70-72.
QIN Hua, GAO Yixiong, WANG Kangyuan. Export technique based on scalable vector graphic (SVG) in EMS. Relay, 2006, 34(8): 70-72.

钱 锋(1978—), 男, 在职博士研究生, 主要从事电力系统调度的高级应用分析研究。E-mail: qianfeng@rcs-9000.com

唐国庆(1937—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统和电力市场理论的研究。

顾 全(1970—), 男, 在职博士研究生, 高级工程师, 主要从事电力系统调度的高级应用分析研究。

Composition of Decentralized Graphics and Model Based on CIM and SVG

QIAN Feng^{1,2}, TANG Guoqing¹, GU Quan^{1,2}

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China)

(2. NARI-Relays Electric Co Ltd, Nanjing 211100, China)

Abstract: In the dispatching system, the power network is in general monitored and controlled hierarchically. The power network model and SCADA information for each dispatching system are relatively independent and a sort of isolated information exists. Based on the common information model (CIM) standard and scalable vector graphics (SVG) format, a method of combining these decentralized graphics and model is presented. By analyzing the structure of the gateway power network between the superior dispatching system and each subordinate system, the method combines the decentralized models and graphics of each system to form a whole and detailed power network model. Accordingly, an online system for combining the decentralized distributed models and graphics is built to achieve decentralized maintenance, centralized modeling and unified monitoring of the whole network. The test results show that this method can resolve the problem of isolated information among the dispatching systems.

Key words: common information model; graphics and model combination; gateway network; scalable vector graphics