

# 变电站非规整 SVG 图的数据识别

徐冠华<sup>1</sup>, 章坚民<sup>1\*</sup>, 刘莺<sup>2</sup>, 朱珺敏<sup>3</sup>, 李鹏<sup>3</sup>

(1. 杭州电子科技大学 电子信息学院, 浙江 杭州 310018; 2. 椒江供电局, 浙江 椒江 317700;  
3. 华北电力大学 电气与工程学院, 河北 保定 071003)

**摘要:**可伸缩矢量图(SVG)作为电力系统约定的统一图形格式,已在变电站监控等系统得到大量应用,但是这些图形存在着一定的非规整性,使得其集成应用受到了很大的限制。针对上述问题,以浙江省某一地区近百个变电站监控系统的单线图为例,对其格式特征进行了研究,提出了对应的变电站元件、拓扑连接、间隔及母线连接方式的识别算法,获取图形里的数据,为下一步根据这些数据自动生成标准规整的 SVG 图形奠定了基础。该研究成果同时也为现有变电站的 SVG 图形提供了统一数据模型、统一数据格式、统一图形(即图数模一体化改造)的一种解决方案。

**关键词:**可伸缩矢量图;图数识别;图形标准化

**中图分类号:** TP291;TM7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-4551(2011)09-1129-03

## Data identification from non-standard and non-integrity substation SVG diagram

XV Guan-hua<sup>1</sup>, ZHANG Jian-min<sup>1</sup>, LIU Ying<sup>2</sup>, ZHU Jun-min<sup>3</sup>, LI Peng<sup>3</sup>

(1. College of Electronic Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

2. Jiaojiang Power Supply Bureau, Jiaojiang 317700, China;

3. College of Electrical and Electronics, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

**Abstract:** As scalable vector graphics(SVG) format diagram being selected as an unify diagram format for power system, SVG based substation diagrams have been widely used in substation control and monitoring system. Due to their non-standard and non-integrity design, such diagrams are limited to open for further integration application. In order to solve above problems, near hundred existed substation SVG diagrams of a regional power grid have been taken as case study to identify the standard data. Under the careful property study of such existed diagram, identification algorithms were worked to identify the parameters of elements, topology connection, bay, connection type of bus bars, etc., from which the complete data were achieved, which provides the conditions for standard and integrity substation SVG diagram automatic generation in next step, Therefore an unified data model, unified data format and set, unified diagram standard based SVG formatted diagram refurbishment solution for substation is achieved by the reseach results subsequently.

**Key words:** scalable vector graphics(SVG); identification data from diagram; diagram standardization

## 0 引 言

可伸缩矢量图(Scalable Vector Graphics, SVG)是电力系统约定的统一图形格式,在国内外有广泛的应用,尤其是中国<sup>[1-2]</sup>。由于应用太快,各类自动化和信息化系统的 SVG 格式十分不一致;工程中逐步通过升级或修改来达到一定程度的一致;SVG 图形的统一标

准既没有引起充分的重视,也没有得到充分的研究;在国内外均没有找到类似的研究。

SVG 文本结构灵活,可以集模型、图形、数据于一体。若将其图形规范标准化,不仅可利用其进行图形显示,更可以作为模型、图形和数据的交换或校验的介质。一般称符合一定模型、图形、数据一致性标准规范的 SVG 图形为规整图形,而不符合的图形称为非规整

收稿日期:2011-03-10

作者简介:徐冠华(1986-),男,浙江江山人,主要从事电子信息集成及在电力系统应用等方面的研究. E-mail:k\_xu@sina.com

通信联系人:章坚民,男,教授,硕士生导师. E-mail:zhangjm@tom.com

SVG 图形。

目前在生产实践中已大量存在着非规整的变电站单线 SVG 图形,其不规整的主要原因有:①绘制工具或方法不同;②图元标准不一致;③图元成组方式不一致,即间隔定义不规范;④图元之间的连线关系不准确,如未连接、过连接;连接点不采用焊点,跨接等。总之,没有统一的图形文档规范,各种 SVG 图形格式混乱。

然而重新制作统一规范的图形需要进行大量的信息录入,需要花费大量时间和精力。由于非规整图形遵循其自身的图形规范,依据模式识别的思想,可以对所需信息进行识别。一种比较符合实际需求的做法是:从现有的非规整的图形中识别出需要的信息,然后采用自动成图程序绘制出规整化图形。

本研究以某一地区的变电站 SVG 图形为例,介绍其识别和重新规整化的相关技术。

### 1 识别的内容

变电站单线图描述的是变电站一次设备及其连接关系。从 SVG 单线图需要完成以下识别:

(1) 元件的识别:包括母线、出线、变压器、隔离开关、断路器、接地闸刀、小车、CT、PT 等,作为这些主元件的连接,一种称为“连接线”的元件也在识别范围内,但它没有对应的电气设备档案;

- (2) 元件之间拓扑连接的识别;
- (3) 间隔的识别;
- (4) 母线接线方式的识别。

### 2 识别算法

#### 2.1 元件识别

某地区局 SVG 图形中元件即电气设备的特性有:

(1) 大部分的电气设备拥有规则的文档结构,用于定义其设备归类、电压等级、唯一标识码、端点及坐标。本研究将这类有规则文档结构定义的元件称为有定义的元件。

(2) 所有接地设备、部分的开关、刀闸、地刀等设备没有相应文档结构,仅用 SVG 基本图元(如线条、圆圈等)直接组成。本研究将这类元件称为无定义元件。无定义元件除了组成它的基本图元的坐标信息外,无其他任何信息。

##### 2.1.1 对于有定义的元件的识别

对于有定义元件,通过研究其规则的文档结构,结合 XML 解析技术构造出相应的解析模型,对文档进行

解析,提取出元件信息,存入数据库中。

##### 2.1.2 对于无图元定义的元件的识别

对于无定义元件,通过研究每类元件的几何特性,构造相应的识别模型,识别出元件的类型和端点坐标,并给识别出的元件添加元件唯一标识符。

以 ground 的识别为例:ground 均以 4 个 < line > 元素直接渲染显示,图形如图 1 所示。

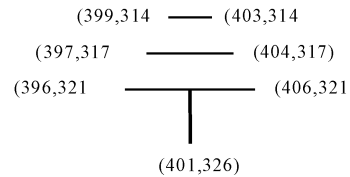


图 1 无图元定义的元件例子:接地的图形

可以看出 ground 设备均为有规律的 4 个 < line > 元素渲染的三横一竖或者三竖一横组成,且 4 条线在空间的组成上有特有的特征。本研究根据模式识别的思想,通过选取特征量,构造出识别 ground 的算法进行识别。元件识别流程图如图 2 所示。

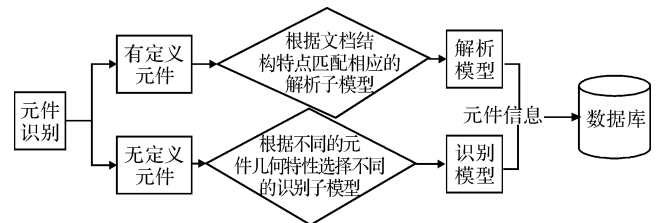


图 2 元件识别流程图

#### 2.2 拓扑识别

本研究完成元件的识别后,得到元件的端点坐标,通过元件的端点坐标,可以对单线图进行原始拓扑分析,即元件间的连接性(Connectivity)分析。

##### 2.2.1 单线图拓扑的数据结构

拓扑分析采用数据结构加算法实现。传统方法往往通过建立若干数据表<sup>[3-4]</sup>、关联矩阵或者邻接矩阵<sup>[5-7]</sup>来描述拓扑关系。然而对于接线图而言,元件数量非常多且连接关系复杂,这样会造成数据量十分庞大,从而导致其算法也变得非常复杂,拓扑分析将变得复杂、繁琐及低效。

通过对接线图中拓扑的分析,笔者发现可以通过元件连通性,将整个接线图看成一个或数个无自环的连通图的集合,即一棵或数棵树的集合<sup>[8]</sup>,从而将整张图的拓扑分成数棵树拓扑的集合。这样可以有效地降低网络的维数,而且树形结构本身可以天然地反映出接线关系。本研究采用二叉树的数据结构,因为二叉树较一般树,在存储空间、运算效率上较一般树均有

很大优势。以每棵二叉树为单位:根母线作为树根节点(Root),元件作为子叶。本研究以常见的单母线出线间隔这种接线方式为例(如图3(a)所示),以母线为根节点,可先将其转换成普通树形结构(如图3(b)所示),再将普通树转换成二叉树的树形结构(如图3(c)所示)。

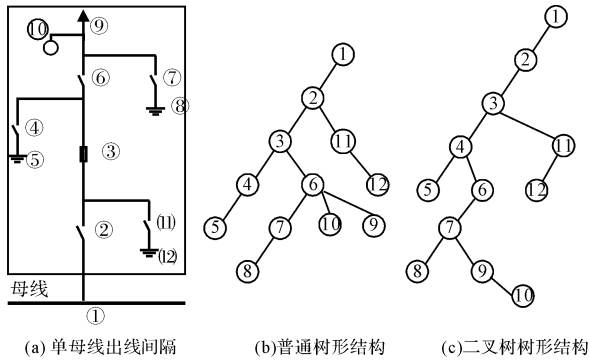


图3 单母线出线间隔转化为普通树结构和二叉树结构

### 2.2.2 拓扑算法

在每棵树中,可以采用深度搜索算法对其进行遍历搜索。同时引入阈值的概念,解决未连接和过连接的现象:即以连接点为圆心,确定某一阈值为半径,在这个圆内如果有其他连接点,则认为圆心连接点与圆内的其他连接点相连。

深度搜索算法为一种较成熟也较常见的算法,这里就不作具体的讲解。

### 2.3 间隔识别

间隔的识别是基于拓扑分析进行的。间隔是元件间常见的连接组合。在2.2节中的拓扑分析中,每棵树都可以归类成不同类型间隔。间隔对后续图形的自动生成十分有用,这里也将其作为识别的内容。间隔识别流程图如图4所示

间隔识别同样根据模式识别的思想。主要分为两步:第一步确定间隔的大类。首先识别出母线的接线方式(2.4节中会详细介绍其识别方法)。第二步通过遍历二叉树,找出间隔中的特征元件。根据母线接线方式和特征元件集可以确定间隔的类型。第三步,根据二叉树的一些特征量(如节点数、子叶树等)确定其间隔归属。

### 2.4 母线接线方式识别

一张单线图内会包含一个或多个不同的电压等级。不同的电压等级有不同的母线接线方式。2.3节间隔识别中母线接线方式也是识别的特征量之一。同时母线接线方式的识别对后续的自动成图中母线框架的绘制起着重要的作用。

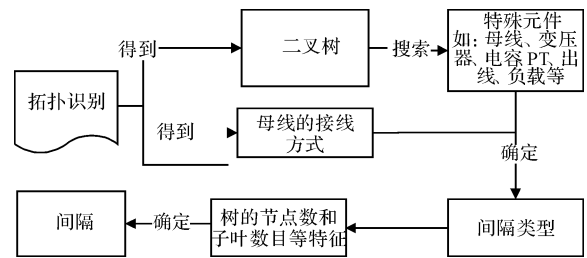


图4 间隔识别流程图

#### 2.4.1 常见的几种母线接线方式

常见的母线布线方式大致有如图5所示的几种。

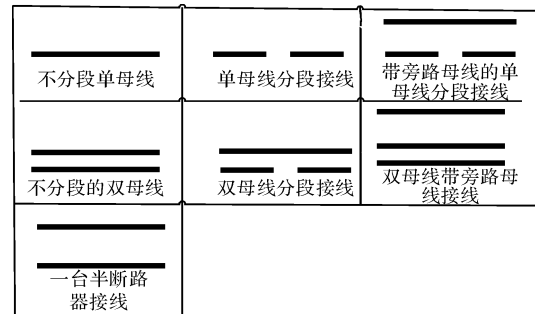


图5 常见的几种母线接线方式

#### 2.4.2 母线接线方式的识别方法

本研究通过母线的数目及相互间距离这两个特征量构造识别模型,对母线布线方式进行一一匹配。以母线数目为2的模板为例,匹配规则如下:

若两根母线的纵坐标相同,则可确定为单母线分段接线;

若两根母线纵坐标不同,如果纵坐标小于设定好的阈值,则确定为不分段双母线;如果纵坐标大于设定好的阈值,则为一台半断路器接线。

本研究通过这个模板就能完成同电压等级母线数目为2的母线接线方式的识别。

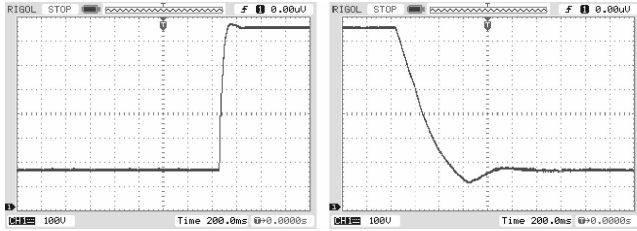
## 3 识别成果分析

经过对浙江省某地区110/220变电站监控系统提供的SVG单线图的识别,结果表明其成功率为100%。以某幅元件较多、连接关系较复杂的变电站单线图(如图6(a)所示)为例,识别时间为1min。图6(a)识别完成后,基于识别出来的数据通过自动成图程序输出的规则的SVG图如图6(b)所示。

## 4 结束语

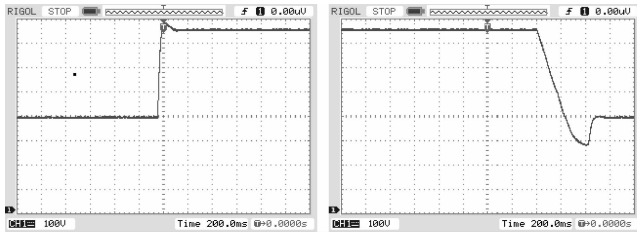
本研究以浙江省某一地区的变电站监控系统的单线图为例,对其格式特征、图形特征进行了研究,并提

(下转第1156页)



(a) 第 3 档向第 1 档切换 (b) 第 1 档向第 3 档切换

图 5 第 3 档 145 V 电压向第 1 档 730 V 之间切换时的波形图

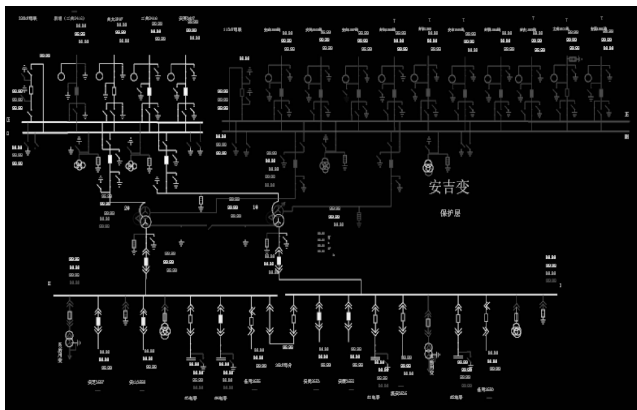


(a) 第 2 档向第 1 档切换 (b) 第 1 档向第 2 档切换

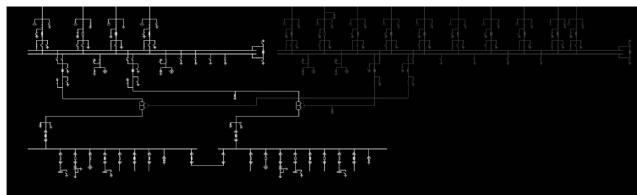
图 6 第 2 档 380 V 电压向第 1 档 730 V 的波形图

比,虽然主电路增加了副边绕组和整流桥的数目,但控制电路却几乎未变,从整体来讲,其复杂程度并未增加多少。因此,该方案值得在这种多档电压输出的应用场合中大力推广应用。

(上接第 1131 页)



(a) 某 110 kV 变电站的非规整 SVG 图



(b) 识别后自动生成的规整化变电站 SVG 单线图

图 6 变电站单线图 SVG 识别案例

出了对应的变电站元件、拓扑、间隔、母线接线方式等重要参数的识别算法,获取了全部数据,为下一步根据这些数据自动生成标准规范的 SVG 图形奠定了基础,

参考文献 (References) :

- [1] 史平君. 特殊而应用广泛的电源—特种电源[J]. 电源技术应用,2010,13(6):1-7.
- [2] 王志强. 开关电源设计[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2005.
- [3] 王兴贵,邹应伟,刘金龙. 全桥型 DC/DC 开关电源的建模与控制[J]. 电力电子技术,2007,41(7): 86-88.
- [4] 徐德鸿. 电力电子系统建模及控制[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [5] ERICKSON R W. Fundamentals of Power Electronics [M]. 2nd ed. Springer,2001: 39-40.
- [6] SANDERS S R, VERGESE G C. Synthesis of averaged circuit models for switched power converters[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 1991, 5(8):905-915.
- [7] BEN-YAAKOV S, ADAR D. Average models as tool for studying Dynamics of Switch Mode DC-DC Converters[C]// IEEE Power Electronics Specialists Conference, 1994:1369-1376.
- [8] SUN J, MITCHELL D M, GREUEL M, et al. Average Models for PWM Converters in Discontinuous Conduction Mode [C]//Proceedings of the 1998 International High Frequency Power Conversion Conference, 1998:61. [编辑:李 辉]

为现有变电站的 SVG 图形提供了统一数据模型、统一数据格式、统一图形(即图数模一体化改造)的一种解决方案。

参考文献 (References) :

- [1] SUN Hong-bin, LI Peng, ZHANG Bo-ming, et al. Design of a Hierarchical Network Remodeling System based on IEC61970 for Electrical Power Control Centers in China. [C]. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting- Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century. Pittsburgh, PA: [s. n. ], 2008.
- [2] 章坚民,楼 坚. 基于 CIM/SVG 和面向对象的配电单线图自动生成[J]. 电力系统自动化,2008,32(22):61-65.
- [3] 杨光正,吴 岷. 模式识别[M]. 合肥:中国科技大学出版社,2001.
- [4] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 北京:水利水电出版社,1985.
- [5] 陈星莺,孙恕坚,钱 锋. 一种基于追踪技术的快速电力网络拓扑分析方法[J]. 电网技术,2003,28(5):22-24.
- [6] 周 琰,周步祥,刑义. 基于邻接矩阵的图形化网络拓扑分析方法 [J]. 电力系统保护与控制,2009,37(17):49-56.
- [7] 于 红,朱永利,宋少群. 图形数据库一体化的厂站接线拓扑分析[J]. 电力自动化设备,2005,25(11):79-82.
- [8] 陈树柏,左 垠,张良震. 网络图论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1982. [编辑:李 辉]