

低压台区地理图到电气接线图的自动转换

邓其军¹, 刘姜涛², 周洪¹, 陈勇¹

(1. 武汉大学自动化系, 湖北 武汉 430072; 2. 湖北第二师范学院物理与电子信息学院, 湖北 武汉 430205)

摘要: 对台区电气接线图的绘制需求进行了分析, 提出了将台区地理图自动转换成电气接线图的技术思路, 并重点对图标的分层绘制、水平居中对齐的调整、增量绘制等关键问题进行了阐述。所提出的算法在一种基于 GDI+ 技术的绘图工具中得到了实现。利用该算法, 目前已经完成了江西九江城区 600 余台区低压电气接线图的自动绘制工作。应用表明, 所提出的方案与算法切实可行, 所得到的电气接线图布局均匀、美观、实用。

关键词: 低压台区; 地理信息系统; 电气接线图; 拓扑; GDI+; 绘图

Conversion from GIS maps to electric diagrams in low voltage transformer areas

DENG Qi-jun¹, LIU Jiang-tao², ZHOU Hong¹, CHEN Yong¹

(1. Department of Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. School of Physical and Electronic Engineering, Hubei University of Education, Wuhan 430205, China)

Abstract: The paper analyses drawing requirements of electric diagrams in low voltage transformer areas, then puts forward the idea of automatic conversion from GIS maps to electric diagrams. Key issues including layering drawing, horizontal centering alignment and incremental drawing are elaborated in detail. These algorithms are carried out in a drawing tool based on GDI+. More than 600 electric line diagrams of low voltage transformer areas in Jiujiang city, Jiangxi province have been completed automatically through the algorithms. The application manifests that the proposed algorithms operate well. The generated electric diagrams are well-distributed, beautiful and practical.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No.10775108).

Key words: low voltage transformer area; geographic information system(GIS); electric diagrams; topology; GDI+; drawing

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)04-0132-05

0 引言

低压台区是整个供配电网络的神经末梢, 是线损精细化规范管理的重点。为适应此需要, 部分企业已经开展了低压户表的空间位置测量、在 GIS 地图上的标注等工作^[1-2], 并绘制了相应的低压台区电气接线图。

目前, 低压台区地理图是在 GIS 图上手工绘制完成的(包括设备之间的连接关系); 而电气接线图是在 CAD 图上通过手工绘制来完成的。两者之间存在数据、图形不一致的隐患。低压台区地理图到电气图的自动转换, 能够大大减少台区管理的数据维护工作量, 避免数据多头配置, 确保数据的一致性。

以设备在地理图上的拓扑连接关系为基础, 实

现单线图的自动绘制问题, 部分文献已经作过研究^[3-10]。其目的是从馈线开关出发, 绘制出其连接的所有设备对象(到联络开关、配变或线路末梢为止)。这些文献所研究的对象, 大部分是输电网络或配电网络。其绘图时主要考虑的是线与线之间的横平竖直并尽量不能有交叉。而在低压台区电气接线图中, 线较短(从台区配变出发, 一条线上通常只有 2~3 个中间设备), 图标(用于表达表箱等设备)较大, 主要考虑的是图标之间的居中对齐, 及不能重叠。

本文在对台区电气接线图的绘制需求进行分析的基础上, 提出了将台区地理图自动转换成电气接线图的算法, 并在基于 GDI+ 技术的绘图工具^[11]中得到了实现。

1 低压台区电气图绘制的需求

本处只提出对绘制效果的需求, 不包括对图形操作, 如放大、缩小、旋转、移动、保存的要求(这

基金项目: 国家自然科学基金项目(10775108); 江西省电力公司重点科技项目; 武汉大学自主科研项目(6082009)

些图形操作基本功能由基于 GDI+ 的绘图工具实现^[11]。自动绘制要求达到如下效果:

(1) 分布均匀。以台区配变为中心, 向左右两边绘制其它设备图标, 尽量保证图标在台区配变左右两边分布均匀。

(2) 分层绘制。在配变图标的同一侧, 且与配变图标水平距离相同的若干图标称为一层。相同深度的设备, 都绘制在同一层; 不同深度的设备, 不能绘制在同一层。深度指的是设备图标与台区配变的距离 (以台区配变的深度为 0, 亦即第 0 层)。

(3) 竖直对齐。在台区配变同一侧、同一层次的图标, 竖直对齐。

(4) 水平对齐。某一父结点的所有直接子结点图标所占据区域的集合, 与该父结点图标水平居中对齐。

(5) 间隔均匀。某一层与其相邻两层之间, 水平间隔相同。同一层的相邻图标之间, 在符合条件 (2)、(3) 和 (4) 的前提下, 尽量保证竖直间隔相同。

(6) 缩小幅面。在保证上面 5 条要求的前提下, 尽量缩小幅面。

2 自动转换的算法设计

低压台区地理图向电气图的自动转换可按如下步骤进行:

- (1) 绘制台区配变图标;
- (2) 分层绘制出所有除配变以外的图标;
- (3) 对图标进行居中、对齐的调整;
- (4) 绘制文字;
- (5) 绘制连接线;
- (6) 自动缩放至全屏幕且居中展示。

上述步骤中, 分层绘制和居中对齐调整是本文描述的重点, 其它功能见参考文献[11]。

2.1 分层绘制算法

台区电气接线图中, 按设备与配变的远近来分层。台区配变作为第 0 层, 直接与配变连接的低压分接箱或表箱作为第 1 层, 依此类推。在绘图板上, 同层次设备的图标按竖直方向排列, 在水平方向上, 层次越小的设备图层, 与配变图标越接近。分层绘制的算法流程如图 1 所示 (本文所有的示例代码, 均使用 C# 语言), 其典型的绘制效果如图 2 所示。

在图 1 中, 结构 StructEquip 的属性有 ID、parentID、layer、direction、name、type; 分别表示该对象的 ID、父结点的 ID、层次、绘制方向 (向左或向右)、名称、类型 (表箱或者低压分接箱), 这些属性的值通过从地理图对应的数据库记录中来初

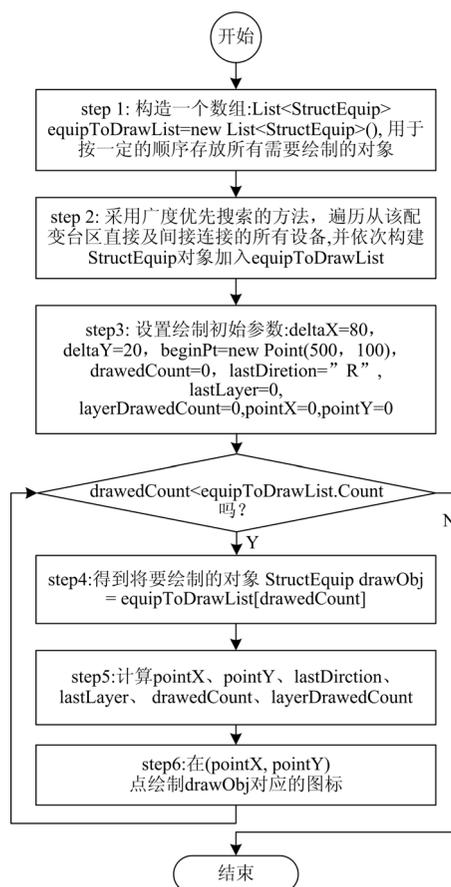


图 1 分层绘制流程图

Fig. 1 Hierarchical drawing flow chart

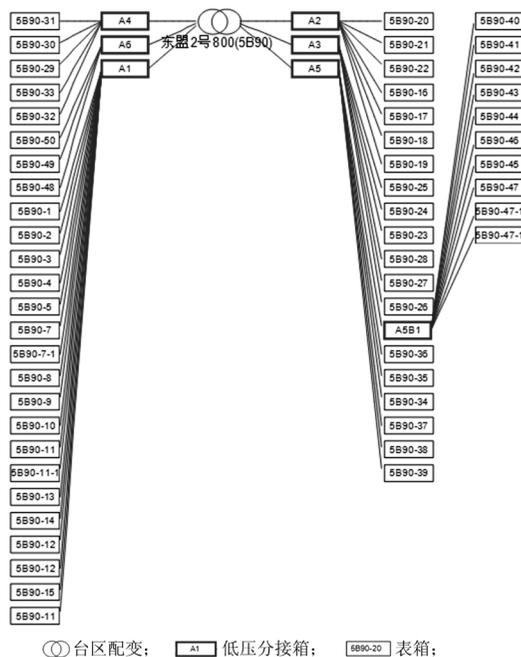


图 2 调整位置前的自动绘制效果图

Fig. 2 Automatic generation diagram before site-adjusting

始化。第1层中一半的结点direction为L(表示向左绘制)，另一半的结点direction为R(表示向右绘制)；第2层及以后的结点，其direction继续其父结点的direction值。

在step2中，采用广度优先搜索，能够保证在equipToDrawList数组中，同层结点在一起存放、不同层结点深度小的前、同层结点深度小的其子结点在前，为步骤step4到step6循环绘制出图4所示的效果图准备了条件。

在step3中的几个参数，依次表示相邻层图标左上角之间的水平距离、同层相邻图标左上角之间的竖直距离、配变图标左上角坐标、当前已经绘制了多少对象、上一结点绘制方向、上一结点的层次、当前层已经绘制了多少对象、当前要绘制的对象的X、Y坐标。

在步骤step4中，pointX和pointY的计算方法如下：

```

if(drawObj.direction=="L")//向左绘制
    pointX=beginPt.X-drawObj.layer*deltaX;
else //向右绘制
    pointX=beginPt.X+drawObj.layer*deltaX;
if(drawObj.direction!=lastDirection || drawObj.layer!=lastLayer)
//如果是新的层
{
    layerDrawedCount=0;
    lastDirection=drawObj.direction;
    lastLayer = drawObj.layer;
}
pointY=begin.Y+layerDrawedCount * deltaY;
drawedCount ++;
layerDrawedCount ++;

```

在步骤step6中，通过调用参考文献[11]中的图标绘制函数AddIcon(Point point, string iconType),在绘图板指定的点绘制一个指定类型的图标。并将drawObj的ID、parentID、layer、direction、name等属性保存到新绘制的图标的属性中。

2.2 父子图标居中对齐调整算法

图标居中对齐调整要达到的效果是使每一父结点的所有子结点图标所占据区域的集合，与该父结点图标水平居中对齐。该算法原则如下：

(1) 从深度较深的层开始调整，调整完了一层后再调整上一层；但最后一层结点暂时不调整（因为最后一层结点只需要在第3步中跟随父结点进行调整）；

(2) 同一层的结点，先调整纵坐标小的，再调

整纵坐标大的。

(3) 在调整某层结点时，如果某个结点需要向上移动，则同层所有结点都向上移动相同距离，且纵坐标小于此结点的同层结点移动时要同步移动他们的直接及间接子结点（因为这些子结点相对它们的父结点位置已经调整好了）。

(4) 在调整某层结点时，如果某个结点需要向下移动，则同层所有纵坐标大于此结点的结点都向下移动，但是不移动他们的子结点（因为这些子结点相对于他们父结点的位置还没有调整好）。

上述原则，其核心思想是以子结点所占区域的位置为依据来移动父结点；如果父子结点相对位置调整好了，则移动父结点时要同步移动其子结点。

通过对已经按分层生成的图标对象(如图2所示)进行遍历，可以获得最深的层的索引、每层的对象集合。在参考文献[11]中，图标对象用类DrawObject来表达。现假定有一个变量List<DrawObject> levelObjList=new List<DrawObject>(),来保存某一层已经绘制的图标的集合(顺序是从上到下)，则调整该层某个结点使之与子结点对齐的算法流程如图3所示。

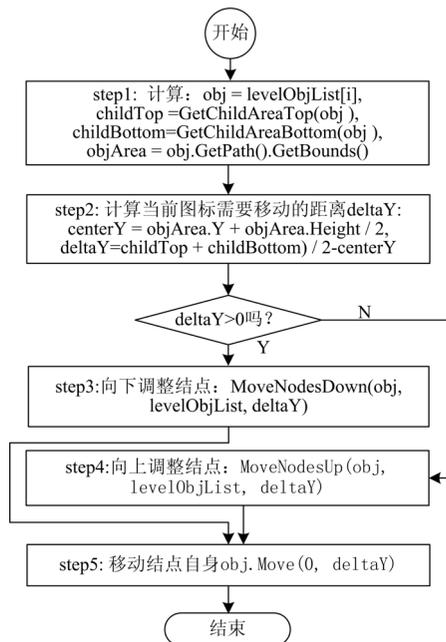


图3 父子图标居中对齐调整算法

Fig.3 Adjustment algorithm of icon entering alignment

在步骤step1中，obj、childTop、childBototm、objArea分别表示将要与子结点对齐的某个父结点、该父结点的子结点所占区域的纵坐标的最小值、最大值、该父结点所占的矩形区域。函数GetChildAreaTop()和GetChildAreaBottom()的具

体实现本处不作详细说明。

在步骤 step3 中, 函数 MoveNodesDown(obj, levelObjList, deltaY) 用于将 levelObjList 中纵坐标大于结点 obj 的结点都竖直移动 deltaY 距离。根据 2.2 中的原则 (2), 纵坐标大于结点 obj 的结点都还没有与子结点调整好位置, 因此不需要移动他们的子结点。

在步骤 step4 中, 函数 MoveNodesUp(obj, levelObjList, deltaY) 用于将 levelObjList 中纵坐标小于 obj 的结点及它们的直接及间接子结点同步移动 deltaY。因为根据 2.2 中的原则 (1) 和 (2), 纵坐标小于结点 obj 的结点都已经与其子结点 (包括间接子结点) 调整好位置, 因此需要同步移动他们的子结点。函数代码如下所示:

```
private void MoveNodesUp(DrawObject obj,
List<DrawObject> levelObjList, int deltaY)
{
    int objTop=GetObjRectTop(obj);
    For(int i=0;i<levelObjList.Count;i++)
    {
        DrawObject levelObj = levelObjList[i];
        int levelObjTop = GetObjRectTop(levelObj);
        if(levelObjTop<objTop) //需要移动的结点
        {
            levelObj.Move(0,deltaY);
            MoveChildNode(levelObj,deltaY);
        }
    }
}
```

在上述代码中, 函数 GetObjRectTop(obj) 用于获得图标 obj 的纵坐标的最小值, levelObj.Move(0, deltaY) 用于将图标 levelObj 在横坐标方向移动 0, 在纵坐标方向移动 deltaY, MoveChildNode(levelObj, deltaY) 是一个递归函数, 用于将 levelObj 的子结点及间接子结点在纵坐标方向移动 deltaY。

2.3 增量绘制问题

所谓增量绘制, 指的是在台区地理图中, 发生了设备的增加、删除以后, 要能够自动反映到该台区的电气接线图中。而此时的电气接线图, 可能已经在自动生成的基础上, 经过了若干修改 (例如手工增加了某些标注信息、图标的相对位置已经发生了某些变化)。因此用户希望能够在电气接线图不作很大的修改的前提下, 将删除的设备从图中去掉, 将新增的设备放置到图上合适的位置。

首先, 可以对该台区电气接线图进行遍历, 找

出不在该台区地理图上的设备, 以及接线方式发生了变化的设备, 将其从电气图上删除 (同时删除相应连接线和文字), 然后, 将配变为父结点, 进行如下操作即可完成增量绘制:

(1) 从地理图表达的连接关系中, 查找该父结点的直接子结点。

(2) 与电气图对比, 发现有电气图上不存在的设备, 就在电气图上将该设备的图标增加到该父结点的子结点图标的最下方, 并向下移动同层结点保证不发生重叠。

(3) 将步骤 (1) 中找到的子结点作为父结点, 再从步骤 (1) 开始递归执行, 直到遍历所有的结点。

(4) 完成上述 3 个步骤后, 所有在地理图上新增加的设备已经绘制在电气接线图上了。

(5) 再进行图标居中对齐调整、绘制文字、绘制连接线、自动缩放到全屏幕显示等步骤, 都与前述自动绘制的方法类似, 只不过文字和连接线只绘制新增对象的。

经过如上处理, 基本上能够在较少改变原来的电气接线图的情况下, 自动绘制出最新的电气接线图。

3 自动绘制实例

图4是台区“东盟2号800公用箱变”低压台区

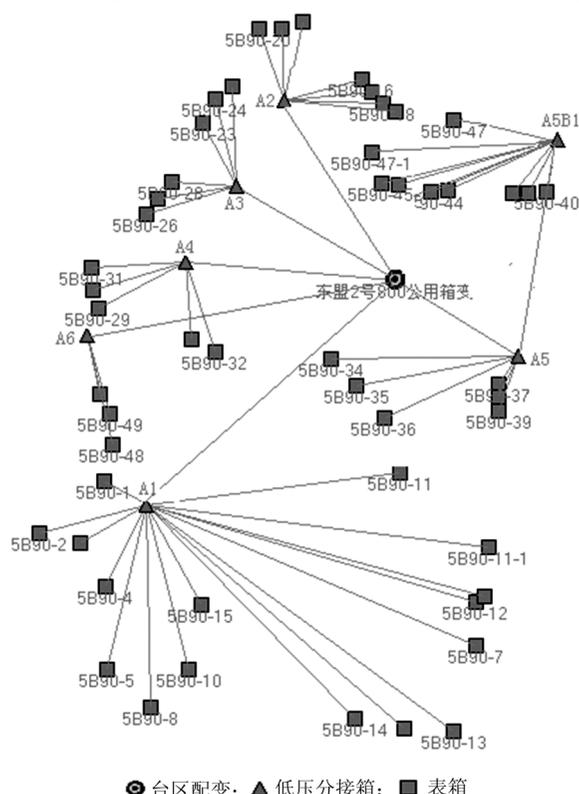


图4 某台区地理图

Fig.4 GIS map of a low voltage transformer area

地理图,包括一台配变,7个低压分接箱,53个表箱。从图4中地理图表达的连接关系,按图1所述的算法,自动生成的电气图效果图(还未按图3算法进行位置调整)如图2所示。

从图2可见,所有同层次的图标,都按从上到下依次排列成一个垂直区域。且父结点纵坐标较小的,其下一层子结点也在较靠上面。以图2为例,结点A2、A3、A5从上到下排列,相应地,结点A2、A3、A5的子结点也从上到下排列(例如,A2的7个子结点5B90-16~5B90-22,其纵坐标都小于A3的6个子结点5B90-23~5B90-28)。在实际绘制时,连接线是在位置调整完毕后最后才画上的,图2中的连接线是为了表达父子结点的关系,作者手工绘制上去的。

进行自动居中对齐调整后,得到的最终效果图如图5所示。

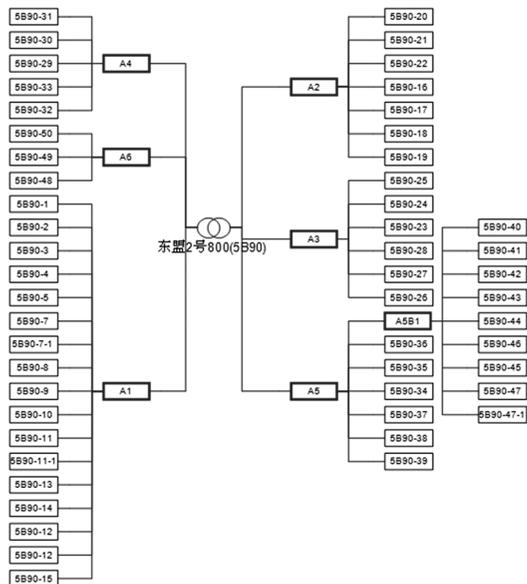


图5 调整位置后的自动绘制效果图

Fig.5 Automatic generation diagram after site-adjusting

4 结论

本文所研究的低压台区电气接线图自动生成功能是江西九江供电公司配电网监控信息系统的一部分(图6)。所生成的图布局美观合理、无重叠交叉、占用绘图幅面较小、自动绘制速度快(大多数台区能够在1s内完成绘制)。利用该功能,目前已经完成了江西九江城区600余台区低压电气接线图的自动绘制工作。所得到的电气接线图,在低压台区管理、台区电表集抄数据监视、实时线损监视等程序模块中得到了很好的应用。例如,低压台区管理子系统中,在前述自动绘制出的台区接线图的基础

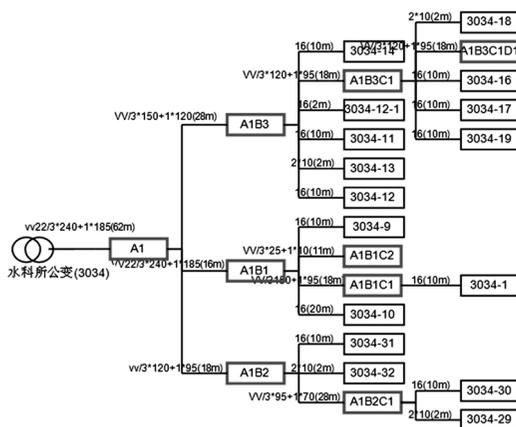


图6 包括了低压线规格型号信息的台区图

Fig.6 A low-voltage transformer area diagram with line-properties

础上,还为每段低压线路自动绘制了线路的规格型号、材质、长度信息。该信息在进行故障查找、低压线路增容改造等工作时具有重要作用。

参考文献

- [1] 周忠欢,沈宇舟. 低压台区化管理应用综述[J]. 上海电力, 2008 (6) : 571-574.
ZHOU Zhong-huan, SHENG Yu-zhou. Review of low voltage management and application[J]. Shanghai Electric Power, 2008 (6) : 571-574.
- [2] 黄闻娟,张吉盛,沈主浮,等. 基于低压台区的抄表及线损管理方案的研究[J]. 华东电力, 2009, 37(1): 34-37.
HUANG Wen-juan, ZHANG Ji-sheng, SHEN Zhu-fu, et al. Meter reading and line loss management schemes for low-voltage transformer areas[J]. East China Electric Power, 2009, 37(1): 34-37.
- [3] ZHU Yong-li, Malik O P. Intelligent automatic generation of graphical one-Line substation srrangement diagrams[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2003,18(3): 29-735.
- [4] LI Xian-qi. Distribution feeder one-Line diagrams automatic generation from geographic diagrams based on GIS [C]. //DRPT2008, 2008.
- [5] Rao, Nagendra P S, Deekshit,et al. A novel algorithm for automatic generation of one-Line diagrams of distribution feeders[J]. Electric Power Components and Systems, 2004, 32(12): 1255-1268.
- [6] Rao, Nagendra P S, Deekshit. Distribution feeder one-line diagram generation:a visibility representation[J]. Electric Power Systems Research, 2004,70(3): 173-178.
- [7] 胡森,徐学军,冯晓良. 配电网管理中的自动制图研究[J]. 继电器, 2007, 35(9): 52-55.

(下转第140页 continued on page 140)

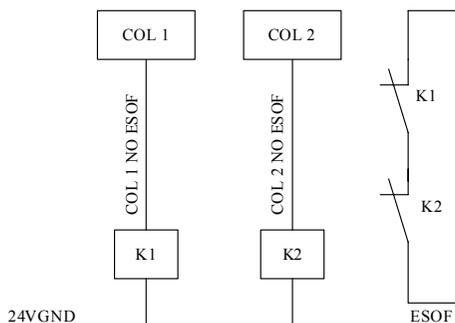


图4 ESOF信号出口回路

Fig.4 Output circuit of ESOF signal

3 结语

本文主要对COL模块在工程应用中出现的主要问题进行了详细分析,提醒在以后的工程应用中,对不同厂家生产的设备接口逻辑尽可能地多了解、多沟通,避免工程应用中出现盲点,造成不必要的系统停机,提高直流输电系统的安全稳定和可控性。并通过COL模块正反逻辑优缺点的对比,对模块在工程中功能具体应用进行了解析,认为COL模块的硬件出口逻辑反逻辑是符合工程的实际需求的,能够保证直流系统的可靠、安全运行。

参考文献

[1] 赵畹君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社,2004

[2] 李延龙, 杨亚璞, 李楠. 高压直流输电控制保护系统的冗余可靠性研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(16): 59-62.

LI Yan-long, YANG Ya-pu, LI Nan. Reliability research

for HVDC transmission control and protection system redundancy[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(16): 59-62.

[3] 陈红军. 高压直流输电系统故障及控制策略[J]. 华中电力, 2001, 14(5): 5-8

CHENG Hong-jun. HVDC transmission system faults and its control tactics[J]. Central China Electric Power, 2001, 14(5): 5-8.

[4] SEMENS. Pole Control System Maintenance Manual[Z]. 2002.

[5] 张望, 黄利军, 郝俊芳, 等. 高压直流输电控制保护系统的冗余设计[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(13): 88-91.

ZHANG Wang, HUANG Li-jun, HAO Jun-fang, et al. Redundant design of control and protection system for HVDC transmission[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(13): 88-91.

[6] 翟永昌. 高压直流输电极控系统冗余配置分析[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(2): 88-91.

ZHAI Yong-chang. Analysis of pole control redundant configure in HVDC project[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(2): 88-91.

收稿日期: 2010-03-15; 修回日期: 2010-04-06

作者简介:

刘敏(1968-), 女, 高级工程师, 从事直流输电控制保护系统研制工作; E-mail: minl@xjgc.com

姚致清(1960-), 男, 博士研究生, 教授级高级工程师, 从事直流输电控制保护系统研制工作;

张培珍(1981-), 女, 助理工程师, 从事直流输电控制保护系统研制工作。

(上接第 136 页 continued from page 136)

HU Sen, XU Xue-jun, FENG Xiao-liang. GIS-based dynamic relationship of topology to generate electrical diagrams of distribution network[J]. Relay, 2007, 35(9): 52-55.

[8] 李晓凯, 周长建, 许和炎. 配电网管理中的自动制图研究[J]. 继电器, 2008, 36(6): 65-70.

LI Xiao-kai, ZHOU Chang-jian, XU He-yan. A new automatic mapping algorithm in power distribution management[J]. Relay, 2008, 36(6): 65-70.

[9] 徐冲, 王康元, 邱家驹, 等. 基于 GML 和 SVG 的电力图形系统研究 [J]. 继电器, 2008, 36(9): 64-68.

XU Chong, WANG Kang-yuan, QIU Jia-ju, et al. A study on power graphics system based on GM L and SVG [J]. Relay, 2008, 36(9): 64-68.

[10] 朱永利, 栗然, 刘艳. 电力系统厂站主接线图形的自动生成[J]. 电力系统及其自动化学报, 2000,12(1): 43-46.

ZHU Yong-li, LI Ran, LIU Yan. Automatic generation of plant station main wiring graph in power system[J]. Proceedings of EPSA, 2000, 12(1): 43-46.

[11] 邓其军, 周洪, 鲁觉. 面向图形对象的配电网单线图绘制与使用 [J]. 电力自动化设备, 2009, 29(7): 43-47

DENG Qi-jun, ZHOU Hong, LU Jue. Drawing and usage of graphic-object-oriented one-Line diagrams in distribution[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(7): 43-47.

收稿日期: 2010-02-27; 修回日期: 2010-11-25

作者简介:

邓其军(1975-), 男, 博士, 讲师, 从事电力系统计算机控制、图像识别与处理方面的研究与教学工作 E-mail: dengqijun@126.com

刘姜涛(1979-), 女, 博士研究生, 讲师, 研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用。