

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.03.025

# 电网 T 接建模及地级调度大屏潮流图自动生成研究

徐国洪<sup>1</sup>, 章坚民<sup>1\*</sup>, 季青锋<sup>2</sup>, 陈国恩<sup>3</sup>, 黄 晟<sup>1</sup>, 相 炜<sup>1</sup>

(1. 杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018; 2. 国网丽水供电公司, 浙江 丽水 323000; 3. 国网嘉兴供电公司, 浙江 嘉兴 314000)

**摘要:**为解决 110 kV 电网存在大量的 T 接点与 T 接线等问题, 将优化布局布线技术应用到 T 接站改为 T 接点处理中。开展了统一的 T 接点与 T 接线模型和数据管理分析, 建立了 T 接点、T 接线之间的关系, 提出了 T 接站通过特殊布线算法还原为 T 接点的方法。在成熟的省级电网调度大屏潮流图的布局布线算法生成相应的潮流图基础上, 对地级电网潮流图的需求进行了评价, 进行了地级电网调度大屏潮流图自动生成系统的实验。研究表明, 该系统运行稳定可靠, 在多个地级电网调度中心得到了实际应用。

**关键词:**地级电网; T 接点; T 接线; T 接建模; 调度大屏; 潮流图; 图形自动生成

中图分类号: TM761+.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2015)03-0419-05

## Modeling of T grid connection and automatic generation of district level large-screen dispatching power flow diagram

XV Guo-hong<sup>1</sup>, ZHANG Jian-min<sup>1</sup>, JI Qing-feng<sup>2</sup>, CHEN Guo-en<sup>3</sup>, HUANG Sheng<sup>1</sup>, XIANG Wei<sup>1</sup>

(1. College of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China; 2. State Grid Lishui Power Supply Company, Lishui 323000, China; 3. State Grid Jiaying Power Supply Company, Jiaying 314000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of a lots T connection points and T connection lines that exist in 110 kV electric power grid. The technology of layout optimization and the normal routing optimization was investigated. In addition, T connection substation could be replaced back to a T connection point by the technology. After the analysis of a unified modeling for T connection points and T connection lines, the relationship between T connection point and T connection line was established. A method that T connection substation could be replaced back to a T connection point by a special routing algorithm was presented. The needs of district level power corresponding diagram were evaluated on the provincial grid large screen power flow diagram was generated by automatic generation software, the automatic generation of large-screen dispatching power flow diagram for district level network were tested. The experimental results show that the software is reliable and successful applications have been achieved for several district level dispatching center.

**Key words:** district power system; T connection point; T connection line; modeling of T grid connection; dispatching large-screen; power flow diagram; diagram automatic generation

## 0 引 言

调度大屏电网潮流图是数据采集与监视控制 (SCADA) 系统或能量管理系统 (EMS) 的核心应用展

现。调度大屏一般为长条形, 其上的电网单线图及断路器状态、潮流及方向形成实时潮流图, 要求布局和走线清晰, 便于调度人员调度决策。

借助于人力来绘制输电网接线图的任务越来越艰

收稿日期: 2014-11-12

作者简介: 徐国洪 (1988-), 男, 浙江海宁人, 主要从事智能电力系统与控制方面的研究. E-mail: 576784984@qq.com

通信联系人: 章坚民, 男, 教授, 硕士生导师. E-mail: Zhangimhzc@hdu.edu.cn

巨,并且生成的调度大屏接线图越来越呈现出拥挤凌乱的状态,给调度人员的辨识带来困难,所以急需开发大屏输电网接线图自动生成系统。

国内外对调度大屏输电网自动生成的研究较少。新加坡学者提出了最短的连接线、最少的交叉、元件均匀分布的原则<sup>[1-3]</sup>。文献[4]是国内采用优化方法进行输电网单线图尝试,提出的自动布局方法只考虑了连线的总长度作为目标函数,而且优化方法是采用了类似局部搜索优化的算法,这样容易使目标函数陷入局部极值点而无法跳出,给自动布局布线带来难以处理的情况。

文献[5-7]系统地提出了省级调度大屏输电网潮流图的自动生成系统。调度大屏输电网潮流图是在单线图上增加实时信息显示,因此其自动生成可分解为单线图布局、单线图布线和实时数据接入 3 个步骤。其中布局问题是给定一个布局空间和若干个待布的物体,将布局物体满足一定约束的条件下合理地分布在给定空间中,并达到某种最优效果<sup>[8]</sup>。布局时若能充分考虑到布线的特性,则布局可以独立于布线进行;布局是自动成图最重要的环节,直接决定了最后图纸的效果,也决定了走线可能的最佳效果。

省级电网调度大屏输电网潮流图自动生成已基本实现了以下内容:

(1)省级调度按照 IEC61970 建立了严格的数据模型,模型与数据可生成基于统一信息模型(Common Information Model, CIM)的 XML 文档;该系统完成了从 EMS/CIM XML 文档自动获取电网资源数据的接口;

(2)开发的数据管理可以增加供区、原始坐标等录入;

(3)调度大屏的自动布局;

(4)调度大屏的自动走线;

(5)生成的调度大屏图形产生后,可加工上屏,且效果达到预期的目标。

在将省级电网调度大屏输电网潮流图自动布局布线系统应用到地区局的调度大屏单线图自动生成方面,遇到了一些特殊的问题,主要是:①存在大量 T 接点和 T 接线;②存在许多非 EMS/CIM 管理的站点,需要参与布局布线。

本研究首先提出统一处理流程,并就 T 接点、T 接线进行统一建模,并提出其参与布局布线的步骤和算法。

## 1 地级调度大屏电网潮流图通用流程

### 1.1 一般问题

研究调度大屏输电网自动生成问题,可以将变电站抽象成为一个给定端口的长方形电气元件,而线路

则是连接变电站之间的连线。调度大屏的输电网单线图可以归于特殊的平面布局布线问题。它必须限制在一个长条矩形平面上进行布局布线,长条矩形可以抽象成为一个长为  $M$ , 高为  $N$  的网格,变电站作为一个长方形图元,布置在每个网格中心,调度大屏网格划分及单线图布局如图 1 所示。

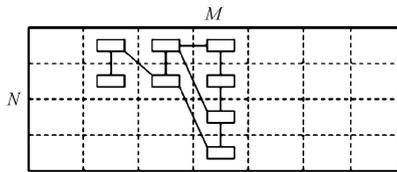


图 1 调度大屏网格划分及单线图布局

变电站的矩形框之间的通道用于横平竖直的走线以及断路器、线路名称等显示;单线图上还要进行实时潮流量、潮流方向、断路器状态、设备状态挂牌标识等标识显示,形成潮流图。

调度大屏潮流图的优化布局问题,就是在给定的矩形空间内,在网格上放置变电站,使得具有线路连接的变电站之间的距离最短,并且线路交叉数最小。

布局后的布线必须限制在相应的廊道中进行;不仅要考虑线路本身的走线要求,做到尽量减少交叉、不重合、美观均匀等,还要考虑线路名称、断路器图元、实时潮流量等标识的显示位置,留出相应的空间。

### 1.2 优化布局模型

本研究采用了模拟退火算法。从实际的应用中得知,该算法确实可行、可靠。

由于地区电网没有明显的供区概念,需要将整个地区电网作为一个电网处理,按单一供区进行布局。

### 1.3 优化布线模型

在经过优化布局后,可以得到变电站具体位置的坐标,在此基础上,就可以进行变电站之间的布线。布线的基本步骤包括顺序走线和优化布线。其中,顺序布线有以下 4 个步骤:

(1)廊道宽度设置与调整;

(2)变电站出线布置;

(3)线路顺序走线;

(4)断路器图元、线路、潮流、设备状态挂牌标识布置及调整。

为了简洁美观,走线采用常规的直接走线、双折线和四折线的连接方式,布线避让算法主要应用迷宫算法的思想,即后续的走线将已经布的线路当成障碍避让。

优化布线包括以下 2 个步骤:

(1)拆线和重布线;

(2)整体均匀走线调整。

顺序布线完成后,本研究将对全图进行交叉点的搜索,并根据交叉点的类型,分别选择采用保护性拆线和非保护性拆线策略,作为搜索引擎优化算法的策略库,来最小化布线线路的交叉。通过上述基于搜索引擎的算法优化,使得布线质量明显改善,消除了大部分可以避免的交叉,走线更加直观。在此基础上,再进行出线布置和廊道的走线均匀化处理。

## 2 T接点、T接线建模与管理

### 2.1 T接点、T接线由来与数据来源

为节省线路走廊或受线路走廊的限制,110 kV 电网存在着大量的T接点和T接线。目前对这些T接点和T接线管理是比较混乱的,没有统一建模和实现统一数据管理,对电网调度和控制产生不利影响。

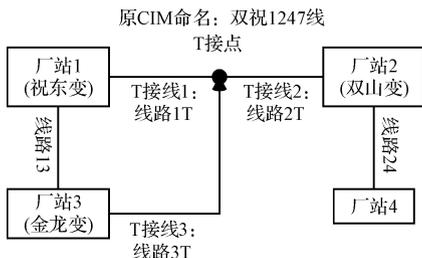


图2 T接点与T接线示意图

T接点与T接线示意图如图2所示。一个T接点至少具有3条T接线;一般T接是针对原有的两站之间的线路而言的,如厂站1(举例祝东变)、厂站2(举例双山变)原先具有一条线路,假设其具有标准命名:双祝1247线;后建设一新变电站(举例金龙变),其一出线与双山1247线实现T接,形成了3条T接线,一般命名会至少保持了原线路编码1247,但命名体系很不相同;嘉兴局根据其命名规则,三T接线分别是:祝东1247双祝线、双上1247双祝线、双祝1247金龙支线;而丽水局的命名规则为:祝东T1247、祝东1247双山T接、祝东1247金龙T接。

另外,部分地区调度中心要求在调度大屏潮流图中增加部分未纳入EMS管理的厂站,如丽水电网,就存在一些没有纳入EMS系统的110 kV 并网水电站。

从T接点、T接线的数据来源分析,存在着以下3种情况:

- (1) T接点、T接线均已在EMS中管理;
- (2) T接点不在EMS中管理,但与某一在EMS管理的线路实现T接;
- (3) T接点、T接线全不在EMS中管理。

### 2.2 T接点、T接线统一模型及数据管理

T接点、T接线统一模型如图3所示,其通过增加

两数据表,分别对电网的T接点、T接线进行管理。统一的数据获取及管理流程图如图4所示。

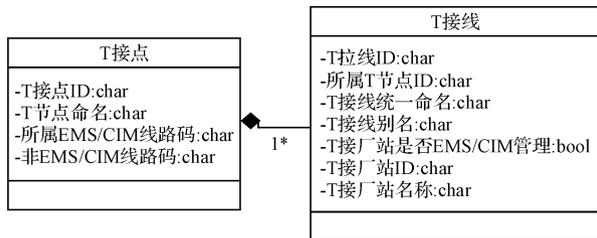


图3 T接点、T接线统一模型

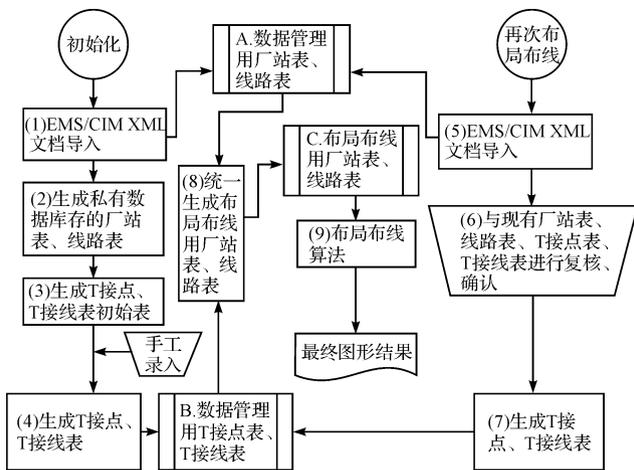


图4 统一的数据获取及管理流程图

在自动布线系统的建立初期,需要从EMS/CIM XML 中获取数据,并建立T接点、T接线的初始数据,然后通过手工维护全部的T接点、T接线档案;然后将厂站表、线路表、T接点表、T接线表转换成为一个统一的布局布线厂站表和线路表,基于这2个数据表,就可以直接调用原先的布局优化软件进行布局布线计算。

## 3 调度大屏潮流图自动生成

### 3.1 优化布局布线

对于T接连接,一种简便的方法就是将该T接点模拟一个虚拟的3端口变电站,即将图2的T接点视为与一般厂站一样的“T接站”,虚拟T接站如图5所示。这样就可以直接采用原先的算法进行布局布线计算。

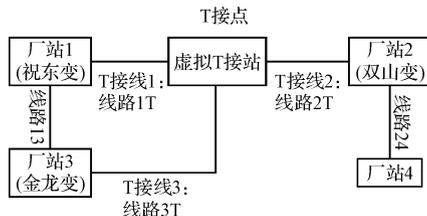


图5 虚拟T接站

### 3.2 T接站改为T接点处理

将T接站按一般变电站参与与布局布线,但在最后

需要将该类“T 接站”缩小为 1 个明显的实心圆。

“T 接站”首先被视为常规变电站进行布局与布线,其走线是在指定的廊道中行,在 T 接站缩小为 1 点时,必须采用一些特殊计算。最简单的方法,就是计算获取原先的“T 接站”的方框中心作为“T 接点”的坐标,保持“T 接站”的 3 条出线原轨迹,向内部延伸,以单折线方式与该固定的“T 接点”实现连接,但会出现的非理想走线效果如图 6~8 所示。

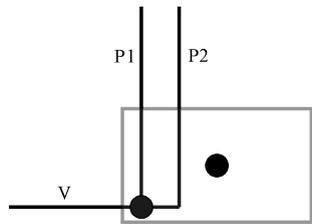


图 10 2 线 1 侧,与另 1 线垂直

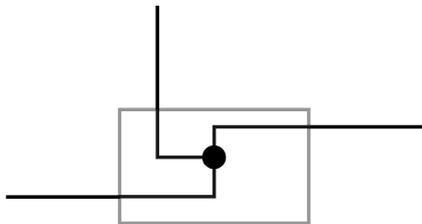


图 6 三侧三线

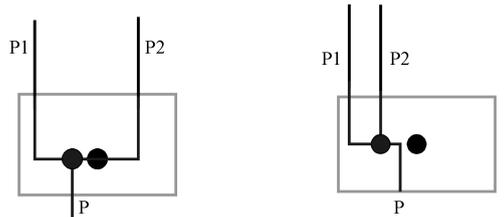


图 11 2 线 1 侧,与另 1 线平行

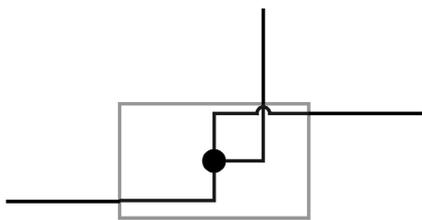


图 7 2 线 1 侧,与另 1 线垂直

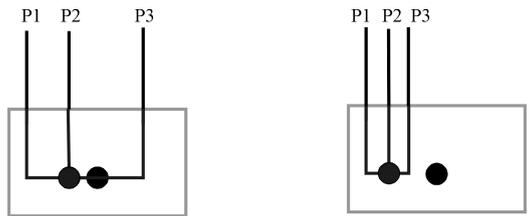


图 12 三线同侧

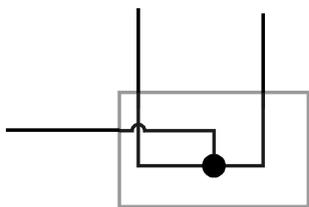


图 8 2 线 1 侧,与另 1 线平行

垂直线上。

对于图 11 和图 12 情形,则要利用原“T 接站”的中心点的坐标信息。对于图 11,同侧的 2 线,平行向站内部延伸,停止在原“T 接站”的中心点的水平线上;然后另 1 侧的线也向站内部延伸,也停止在相同的水平线上;3 线的平行连接线,可能穿过原“T 接站”的中心点,也可能不会穿过。图 12 情形与图 11 完全类似。

T 接站只有 3 条出线;因此,只有 4 种情形:①3 侧 3 线,如图 9 所示;②2 线 1 侧,与另 1 线垂直,如图 10 所示;③2 线 1 侧,与另 1 线平行,如图 11 所示;④3 线同侧,如图 12 所示。

本研究按照以上的“T 接站”缩减为“T 接点”的新策略设计,可以方便地进行编程,形成“T 接站”缩减为“T 接点”的布局布线处理策略。

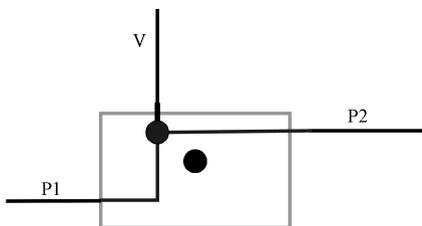


图 9 3 侧 3 线

### 4 应用案例的规模

本次研究与应用在浙江丽水、嘉兴地区局开展,电网规模列如表 1 所示。

表 1 应用案例

	嘉兴	丽水
220 kV 及以上变电站数	45	20
110 kV 变电站数	142	80
110 kV 及以上线路数	426	73
区县数	7	7
EMS 管理的 T 接站/点数	51	2
非 EMS 管理的 T 接站/点数	0	27

对于图 10,一定为 2 条平行,则选择非平行的线 V,与 P1、P2 相交,相交点度数为 3 的则为“T 接点”;对于图 11,采用与图 10 相同策略;这两种情形的“T 接点”与原“T 接站”的中心点,可能不在同一水平或

## 5 结束语

T接点与T接线是地区电网的主要特色,本研究对其统一建模进行了研究,并提出了基于T接点与T接线的地级调度大屏潮流图自动生成系统的解决方案,并改进了算法,使得原系统可以很好地适应地调的需求。

该系统目前已成功地在浙江省5个地区调度中心得到了应用,效果良好。

### 参考文献(References):

- [1] ONG Y S, GOOI H B, CHAN C K. Algorithms for automatic generation of one-line diagrams [J]. **IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution**, 2000, 147 (5):292-298.
- [2] QIU B, GOOI H B. Web-based SCADA display systems (WSDS) for access via Internet [J]. **IEEE Transactions on Power Systems**, 2000, 15 (2):681-686.

- [3] ONG Y S, GOOI H B, LEE S F. Java-based applications for accessing power system data via intranet, extranet and internet [J]. **International journal of electrical power & energy systems**, 2001, 23 (4):273-284.
- [4] 宋适宇,何光宇,徐彭亮,等. 输电网单线图的自动生成算法[J]. **电力系统自动化**, 2007, 31 (24):12-15.
- [5] 章坚民,王云,谷炜,等. 调度大屏输电网潮流图自动生成(一)自动布局[J]. **电力系统自动化**, 2009, 33 (24):43-48.
- [6] 章坚民,张自聪,郭峰,等. 调度大屏输电网潮流图自动生成(二)自动布线[J]. **电力系统自动化**, 2010 (1):36-40.
- [7] 章坚民,谷炜,占震滨,等. 调度大屏输电网潮流图自动生成(三)作业流程及系统开发[J]. **电力系统自动化**, 2010 (2):64-68.
- [8] DOWSLAND K A, DOWSLAND W B. Packing problems [J]. **European Journal of Operational Research**, 1992 (56):2-14.

[编辑:张豪]

### 本文引用格式:

徐国洪,章坚民,季青锋,等. 电网T接建模及地级调度大屏潮流图自动生成研究[J]. **机电工程**, 2015, 32 (3):419-423.

XV Guo-hong, ZHANG Jian-min, JI Qing-feng, et al. Modeling of T grid connection and automatic generation of district level large-screen dispatching power flow diagram [J]. **Journal of Mechanical & Electrical Engineering**, 2015, 32 (3):419-423. [《机电工程》杂志: http://www.meem.com.cn](http://www.meem.com.cn)

(上接第413页)

### 参考文献(References):

- [1] 顾洁,杜渐,秦杰,等. 基于全生命周期成本的变电站设备检修模糊规划模型[J]. **电力系统自动化**, 2014, 38 (1):44-50.
- [2] 屈靖,郭剑波. “九五”期间我国电网事故统计分析[J]. **电网技术**, 2004, 28 (21):60-63.
- [3] 柳璐,王和杰,程浩忠,等. 基于全生命周期成本的电力系统经济性评估方法[J]. **电力系统自动化**, 2012, 36 (15):45-50.
- [4] 敖蕾蕾,王慧芳,杜振东. 电网状态检修决策研究[J]. **机电工程**, 2014, 31 (5):639-643.
- [5] 王一,程浩忠. 电力市场环境下载电网扩展优化规划研究综述[J]. **电工技术学报**, 2007, 22 (9):174-183.
- [6] 王一,王慧芳,张亮,等. 基于效用和成本的状态检修维修方式选择研究[J]. **电力系统保护与控制**, 2010, 38 (19):39-45.
- [7] LI W, VAAHEDI E, CHOUDHURY P. Power system equipment aging [J]. **Power and Energy Magazine, IEEE**, 2006, 4 (3):52-58.
- [8] 孙鹏,陈绍辉,张彩庆. 基于 Marquardt 法参数估计的变

- 电设备寿命周期故障率评估[J]. **电力系统保护与控制**, 2012, 40 (1):85-90.
- [9] 国家电网公司. 国家电网公司安全事故调查规程[S]. 北京:中国电力出版社, 2012.
- [10] 国家能源局. DL/T 5218-2012 220 kV ~ 750 kV 变电站设计技术规程[S]. 北京:中国计划出版社, 2012.
- [11] 国家电网公司生产技术部. 国家电网公司设备状态检修规章制度和技术标准汇编[M]. 北京:中国电力出版社, 2008.
- [12] 廖瑞金,王谦,骆思佳,等. 基于模糊综合评判的电力变压器运行状态评估模型[J]. **电力系统自动化**, 2008, 32 (3):70-75.
- [13] 贾嵘,蔡振华,刘晶,等. 基于主成分分析和最小二乘支持向量机的电力系统状态估计[J]. **电网技术**, 2006, 30 (21):75-77.
- [14] 江修波,吴文宣,陈祥伟. 区间分析法在电力变压器全生命周期成本模型中的应用[J]. **电力自动化设备**, 2011, 31 (9):50-53.
- [15] 国家电网公司. 国家电网公司电网检修运维和运营管理成本标准(试行)[S]. 北京:中国计划出版社, 2009.

[编辑:张豪]