

一种提高电力系统图形分析智能化的方法

陈超英, 刘秀玲

(天津大学电气自动化与能源工程学院, 天津 300072)

摘要: 针对目前电网拓扑结构大多采用人工分析、手工输入的局面, 提出了应用扩展的邻接表表示法来存储网络图形的方法。本系统能够自动生成以母线为根的电网拓扑结构和以进线为起点的电网潮流结构, 同时对于电网元件的性质也能进行自动分析。本系统减少了用户的工作量, 提高了电网分析的智能化。

关键词: 绘图系统; 拓扑结构; 模拟测试系统

中图分类号: TM71 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2000)08-0028-04

1 引言

目前, 计算机分析在电力系统中的应用越来越广泛, 无论是操作票系统、仿真专家系统, 还是电力系统潮流计算和短路计算都需要绘制电气接线图。传统的图形绘制方法是采用绘图函数编程, 用人机对话等方式输入命令行, 从而使得图形相对独立, 图形编辑复杂, 不便修改, 这也使得图形存储大多只能采用文件或二维数组的方法。这种存储方法不能实时地反映元件状态的变化。由于图形绘制的局限性也导致图形分析智能化的水平不高。以往的一些电网拓扑结构采用的是人工分析、手工输入, 并且没有对电网的潮流走向、供电路径进行分析、判别。

本图形系统是在分析和借鉴以往图形系统的基础上开发出来的, 图形绘制简单, 图形元件状态与数据库实时相连, 并且实现了计算机对电网拓扑结构的自动分析, 进而实现了电网潮流结构的自动判别, 提高了电网分析的智能化。

2 图形绘制和数据库形成

2.1 绘图操作

在本绘图系统中, 我们把各个电力元件分类, 形成不同的类模块, 在类模块中调用 Windows API 函数, 实现图形绘制、区域删除、句柄选择等图形辅助功能。在图形绘制中我们区分图形的不同状态和位置, 例如开关, 我们可以形成它的四种形式(如图 1 所示, 涂黑代表投入运行), 并用各个功能键实现不同状态之间的转化。在绘图窗体中, 我们把电力元件看成不同的图元, 并把这些图元以 VB5 控件的形式置于绘图窗体的工具区内。绘制图形时, 鼠标先选中工具按钮, 再单击绘图区的选定位置即实现了图形的绘制。在图

形整理时, 本系统还设置了单个电力元件的删除、移动、拉伸、旋转、块删除、块移动、块复制等功能。



图 1 开关的四种状态

2.2 数据库形成

由于本系统中图形的生成是通过类模块分类形成的, 因此元件的存储也需要分类进行, 各类的状态参数应是相互独立的, 故本系统图形存储方面我们采用关系型数据库存储图形元件、图形的拓扑结构和潮流结构。每类电力元件形成一个表, 其具体存储内容见表 1, 2, 3。

表 1 开关元件表

索引	颜色	起始 x	起始 y	终止 x	终止 y	标志	状态	性质编号	名称	文本
suoyin	Color	Startx	Starty	Endx	Endy	Her	leixing			索引

表 2 拓扑结构表

顺序号	类型	位置	节点 1	节点 2	节点 3	节点 4	节点 5	节点 6	访问层次 1	层次 2
										标志

表 3 潮流结构表

顺序号	相连	类型	颜色	位置	节点 1	节点 2	标志	标志	性质	带电	状态	供电	停电	顺序

本系统数据库的建立和修改与系统图形中元件的建立和修改实时对应, 元件绘制完毕后把它存入元件数据库表中, 同时在拓扑结构表中加入该元件项。同样, 当执行元件(或块)移动、删除、复制时, 数据库各个相关表中的内容也要做相应的变化。

图形的生成和存储是形成拓扑结构和潮流结构的前提, 由于本文的重点在于说明拓扑结构的查询方法, 所以对于图形部分只做简单的介绍, 对于其具体

作法不做详细分析。

3 拓扑结构的自动生成

在电力系统的智能系统研究中,电网拓扑表示是人们一直普遍关心的问题,其好坏直接关系到整个智能系统实现的难易程度、系统的可扩充性、可维护性及推理过程的效率等方面。好的电网拓扑结构表示应使电网拓扑信息能够完整地存储,很灵活地被访问。本系统的拓扑结构自动形成是指系统能够在绘制图形后按照元件与元件的相连关系对元件自动编号,自动形成拓扑结构。

3.1 图的形成和存储

在进行拓扑结构分析之前,我们要把电力网络等效成“图”,并且要实现对于网络图的存储,所以结合本图形系统我们首先介绍一下电力网的“图论”及图的存储。

所谓“图论”顾名思义是研究“图”的理论,是研究图的一般性质和规律的高等数学模型。但当把一电网等效成图时,人们总是模式化地认为电路中节点就是图的顶点,而每个支路就是图中的线段,其实这种模型只适用于电路网络分析,即网络中节点和支路关系的分析,这种分析方法与支路的特性(组成支路的元件)无关。但是当图形系统应用于实际当中,例如应用于操作票系统进行倒闸操作时,人们不仅关心整个电力网的布局,同时也关心各个电气元件的状态变化,如断路器的开合状态,所以在对该系统进行图形分析时,需把每一个元件都看成一条支路,把元件与另一元件相连的端点看成节点,本系统就是基于这种思想进行电力元件拓扑结构形成和分析的。例如图2,其节点集合 V 为:(A,B,C,D,E,F,G,H,I),支路集合 A 为:(AB,BC,CD,DH,HI,DE,EF,FG)。

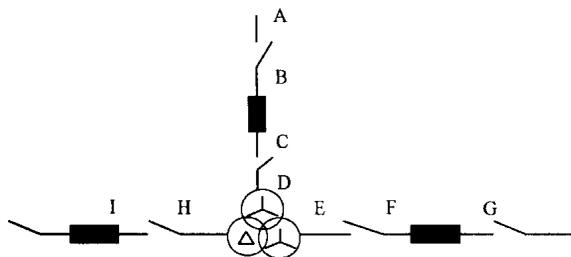


图2 局部电网图

一般图的存储有两种方法:一、矩阵表示法;二、邻接表表示法。在选取图的存储方法时,从电力系统网络结构变化的特点来看,电力网具有非连续性、非通用性、局部性(系统中某一元件的投入或退出对系

统造成的影响可能是局部的)、稀少性(电力系统在运行期间可以用来被运行人员操作以改善系统运行环境或达到某一目的的元件是很有限的)这四个特点,这些特点决定了表征系统网络结构的特征量应是各个元件的状态及元件之间的联系。从这个角度讲,单纯的矩阵表示法和邻接表示法都是不足的,它们都没有表示出元件的状态,所以无论选择哪一种都要进行扩充。邻接表表示法节省内存空间,层次结构相对独立而且一目了然,并且它最大的优点是当图形小范围变化时,内存中链表的变化相对较小。故本系统在图形网络存储时,开发出了以邻接表表示法为基础的扩展邻接表表示法,即在记录元件与下一层的关系时,加进去这个元件的状态参数如图3。

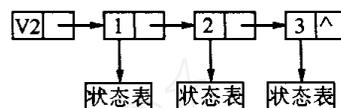


图3 扩展的邻接表表示法

3.2 拓扑结构生成

在电力系统网络接线图中我们可以看出母线既是电流潮流的汇入点,又是电流潮流的汇出点,所以我们可以将网络图形看成由母线组成的多根系统。这样就邻接表表示法而言是把母线作为网络中电气的连接点,即把电网的节点模型转化成母线模型。这给元件的自动编号和查询带来方便。在对元件进行搜索编号的过程中我们结合了深度优先搜索和广度优先搜索两种方法,其中以深度优先搜索为主。

在设计此拓扑搜索前,我们把元件大致分成三类:

具有一个节点编号的元件:所用变、母线、电容、电缆、避雷器、地线、PT、发电机(1,2节点同编号);

具有两个节点编号的元件:开关、刀闸、消弧线圈、手车刀闸、CT(1,2节点不同编号);

具有多个节点编号的元件:两卷变压器、三卷变压器。

在对图形进行拓扑结构搜索时的搜索步骤可分为以下五步(参看图4):

(1) 该拓扑查询是以母线为查询模型的,所以首先要查询图中的所有母线,并给母线编号。如图4中母线A的“1节点”、“2节点”定义为1,母线B的定义为2。

(2) 查询与母线相连的第一层元件。在这一步中对第一条母线实行宽度搜索,然后对每个元件向下

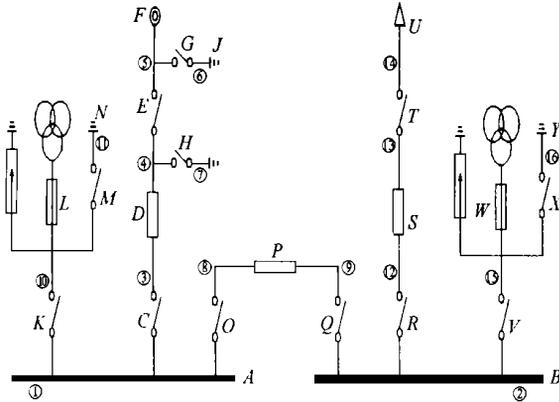


图4 拓扑结构编号图

进行深度搜索(若网络图中没有母线则假设元件与空母线相连)。找到第一层元件则将其“1节点”定义成相应的母线编号,对于母线A在这步搜索中查出元件(K,C,O)(与母线相连节点编号为1),母线B查出元件(Q,R,V)(相应节点编号为2)。

(3) 确定第一层元件的另一个节点的编号。这时搜索那些已被访问过一个节点的元件,找到节点号仍为0的那一端节点,依次给这些节点按加一赋值(以上一步给出的最大节点值为基值)。这样在反复循环后确定了元件(K,C,O,Q,R,V)的另一端的节点编号(10,3,8,9,12,15)。

(4) 查询与刚刚被访问过的元件相连的元件。在图形中寻找未被访问过的元件,判断其是否与刚刚访问过的那一层元件相连,若相连则相连的节点被定义成已查询的上一层相应的节点号。然后按深度搜索查出这个树枝上的所有元件并给其节点编号。

(5) 一条母线上各个树枝查询完毕后,则换到另一母线上按相同的办法查询。任一层查询的结果标志是元件的另一端为另一条母线或元件不与任何元件相连。

按照此查询方法,图4的节点编号顺序为:先找出母线A其节点编号为1,母线B节点编号为2;然后查找母线A,找出与其相连的三个元件K,C,O。按深度搜索,依次标记节点3,4,5,一个树枝查询完毕返回5,标记接点6返回4,标记节点7,返回1,标记节点8,9,遇到母线返回1,标记节点10,11,支路元件查完转到2,依同样的方法标记节点12,13,14,15,16,这样整个图形的拓扑编号就形成了。

3.3 潮流结构的形成

本系统的潮流结构是在拓扑结构形成的基础上建立起来的,它与拓扑结构的最大区别是拓扑结构是以元件相连来形成元件编号,而潮流结构是以供电路

径为对象查询出来的。潮流结构建立起来了,则本系统供电的所有可能的走向也就分析出来了。

潮流结构的形成基本与拓扑结构形成的思路相似,也按深度搜索的方法进行,但潮流结构涉及电流的实际走向,所以要区分母线、刀闸和开关的性质,即区分是主母线还是旁路母线,是母线侧刀闸还是线路侧刀闸等,所以在查询主程序开始前,先规定了母线、开关的性质,如110kV的主母线性质号定为1,而110kV的旁路母线定义其性质号为6,35kV的依次定义为2,3,6kV的为4,5等。开关和刀闸的定义较为复杂,如出线开关定义为1、进线开关定义为2、进线刀闸线路侧定义为-1、母线侧-2、出线刀闸线路侧定义为1、母线侧定义为2。在潮流查询前需把连线和CT的接点号删除,把相关元件的节点号相应减小,这样做是因为这两个元件对整个潮流的发展不起任何作用,而且它们与线路是否带电无关。查询潮流时,从潮流的始端—进线或发电机(如果是发电厂则无进线只有发电机)开始也就是从潮流的起点开始查询,查询规则如下两点所示:

(1) 查询到母线时,判断母线是否与进线是相同的电压等级,从而判断是否为电源侧母线,若是则继续查询与母线相接的元件直至查询元件结束;若母线与进线电压等级不同,则此母线为负荷侧母线,从而向下查到与该母线相连的开关、刀闸、手车开关、手车刀闸及下一级的PT、电容为止,实际上查到负荷侧母线就可认为潮流查询结束,在向下查询相连元件是附加的工作。

(2) 由于本次查询并没有涉及查询元件是出线还是进线元件,故第一次查询结束后,若进线侧的母线与电源侧母线相连,则进线可能被当成出线多查询了一次,故要去除那些进线被当做出线查询的情况。

4 结论

本系统在传统的单一矩阵法或邻接表表示法的基础上,开发出扩展的邻接表表示法来存储图形,使得元件参数的变化与网络变化在存储时达到统一,进而使系统能够自动地形成网络的拓扑结构和潮流结构,提高了图形系统的智能化水平。本系统已成功地应用于大港水电厂自适应式倒闸操作票系统中,取得了预期的效果。

参考文献:

- [1] 姚道德,谢琦,杨宛辉.一种电气接线图的存储与可视化编辑方法.全国高等学校电力系统及其自动化专业第十

- 三届学术年会论文集,广州:华南理工大学,1997.
- [2] 卢爱菊,涂光瑜,孙扬声. 管理信息系统数据库的设计与开发. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十届学术年会论文集,上海:上海交通大学,1994.
- [3] 董张卓,张启宏. 基于面向对象技术的实时电网拓扑表示. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十届学术年会论文集,上海:上海交通大学,1994年.
- [4] Bolling S J et al. Design Guidelines for Object Oriented Soft

ware with an EMS Man - Machine Interface Application. Electrical Power & Energy Systems, 1992, 14(2/3).

收稿日期: 2000-01-14

作者简介: 陈超英(1957 -),男,博士,博导,教授,从事电力系统分析、数字仿真研究; 刘秀玲(1977 -),女,硕士,主要从事电力系统继电保护的研究。

A method to improve the intelligentize of the graph analysis

CHEN Chao-ying, LIU Xiu-ling
(Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: This paper is aimed at the status that the conventional electrical topology graph was analyzed and input to computer artificially and brings forward a method using extended adjoining table to store the graphs. Thereby the system can automatically analyze the topology graph and the power flow. The system reduces the load of the users, and improves the intelligentize of the graph analysis.

Keywords: drawing software; topology graph

(上接第 27 页)

在电压紧急态势下,借助需求侧管理(DSM)^[4],使空调负荷进行自动减载,不仅对防减一个城市电网的电压崩溃灾变有效用,而且能为防减电力系统更大范围的不同灾变打下一定的基础。

5 结论

- 5.1 采用负荷转移法能够较好地解决空调装置试验中,电源负荷匹配与空调启动电流大的矛盾。
- 5.2 在 $z-V$ 空间运用摄动原理进行理论解析,可以看到空调负荷的增长对电压稳定负面影响的具体情节。
- 5.3 空调“群体效应”明显有人群活动背景,应从防灾减灾的角度看待空调的有关问题。

参考文献:

- [1] Williams B R, Schmus W R, Dawson D C. Transmission Volt

age Recovery Delayed by Stalled Air Conditioner Compressors. IEEE Trans. on PWRs, 1992, 7(3):1173~1179.

- [2] Shaffer J W. Air Conditioner Response to Transmission Faults. IEEE Trans. on PWRs. 1997, 7(3):614~618.
- [3] Tomiyama K, Daniel J P, Ihara S. Modeling Air Conditioner Load for Power System Studies. IEEE Trans. on PWRs. 1998, 13(2):414~421.
- [4] 柳焯. 电压稳定问题中重负荷节点的阻抗模解析(一)(二). 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十四届学术年会论文集,1998,10:837~850.
- [5] 曹世光,柳焯,杨以涵. 紧急电压态势下的需求侧管理. 中国电力,1998,31(5).

收稿日期: 1999-10-25

作者简介: 韩北渝(1967 -),男,硕士,从事电力系统分析与控制的研究工作; 王漪(1962 -),男,高工,博士,主要从事电力系统稳定与控制研究; 李晓明(1954 -),男,工程师,从事电力系统控制研究。

Study on the effect of air conditioner load on voltage stability

HAN Bei-yu, WANG Yi, LI Xiao-ming, LIU Zhuo
(Harbin University of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: A method of load shift is proposed in experiment of air conditioner. Using this method, contradiction of source load matching and large starting current of air conditioner can be easily solved. Through experiment, the characteristics of air conditioner load are researched. On perturbation principle, the relations between variation of impedance module and voltage stability are researched in zV space. Lastly, some problems of air conditioner are discussed from viewpoint of precautions against calamities.

Keywords: air conditioner load; voltage stability; perturbation principle; zV space