

基于潮流数据文件的电力系统可视化图形生成系统

刘翠艳¹, [陈超英]¹, 张艳霞¹, 韩学军², 陈建民², 赵亮亮¹

(1. 天津大学电气工程及其自动化学院, 天津 300072; 2. 国电华东电网公司, 上海 200002)

摘要: 利用电网已有的 Bonneville Power Administration(BPA)潮流数据文件, 结合电力系统数字仿真数据结构的特点, 提出了一种只需人工输入少量信息, 充分利用 BPA 潮流数据, 支持网络简化等值的绘图系统。该系统能自动进行网络拓扑编号; 根据输入的 BPA 节点名自动从 BPA 数据文件中搜索到用于仿真的潮流数据、自动进行三相节点编号、计算并保存等值机的数据信息。该系统减少了用户工作量, 充分利用了已有资源, 提高了电网分析的智能化和准确性。

关键词: 潮流数据; 仿真; 绘图系统; 数据库; 拓扑结构

中图分类号: TM743 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)21-0026-03

0 引言

目前, 计算机分析在电力系统中得到了极其广泛的应用, 无论是电力系统潮流计算和故障计算, 还是仿真专家系统, 都需要绘制电气接线图。对于电力系统仿真实用软件电磁暂态程序(ATP)和 MATLAB 等, 都基本实现了可视化操作, 但是对操作人员的专业水平要求较高, 而且无法直接利用已有的数据资源(如 BPA 潮流数据)。

本文的图形系统是在分析借鉴以往图形系统的基础上开发出来的, 其图形绘制简单; 人工输入数据少, 可充分利用已有 BPA 数据资源; 实现了计算机对电网的拓扑分析。本系统支持网络中有等值机、等值线的电气接线图, 并能进行基于仿真的三相节点编号, 最后生成数据文件, 为后续仿真提供全部的数据。

1 系统整体框图

本系统主要由两部分组成: 图形绘制和数据生成。图形绘制是利用友好的图形界面绘制电力系统接线图, 并能对所画图形进行编辑。数据生成中的数据既包括元件的图形信息(位置、颜色等), 又包括仿真用到的一系列数据(如发电机的阻抗、拓扑结构编号、三相节点编号等)。而输入数据既可以是完全的手工输入; 也可以只输入部分数据, 其余的从 BPA 潮流文件中搜索到, 然后存储到数据库中, 最后再以数据文件的形式保存, 因此使系统有更好的兼容性。其整体的设计思路如图 1 所示。

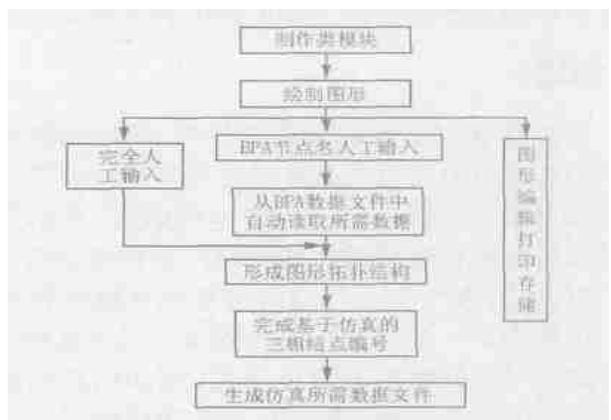


图 1 整体框图

Fig. 1 Architecture of the whole system

2 图形绘制

在本绘图系统中, 把各个元件分类, 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、句柄选择等辅助功能。在绘图窗体中, 把电力元件看成不同的图元, 并把这些图元以 VB6 控件的形式置于绘图窗体的工具区内。绘制图形时, 鼠标先选中工具栏中元件按钮, 再单击绘图区的选定位置即实现了图形的绘制。图形编辑时, 本系统还设置了元件的删除、移动、拉伸等基本功能。除此以外, 为了使图形更明了, 用户在元件的数据框中输入数据后, 此元件的旁边会自动显示数据框中元件名称一栏的内容。

3 拓扑结构自动生成及 BPA 潮流文件的利用

电网的拓扑结构生成直接关系到整个智能系统实现的难易, 影响到系统的可扩充性、可维护性及推

理过程的效率等。好的电网拓扑结构应具有电网的拓扑信息存储完整、访问灵活的特点。

本系统在图形绘制完后能按照元件与元件的连接关系对元件进行自动编号、自动形成拓扑结构,并根据 BPA 数据文件反向检查所绘制的网络是否和实际相符。本系统根据电网的实际特点,将网络看成是由母线组成的多根系统,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。在对元件的搜索过程中结合了广度优先和深度优先两种遍历方法,其中以深度优先为主。在程序中通过判断已编号元件端点是否落在某个未编号元件的范围内,来实现元件的连接关系判定,如图 2 中可以根据 5102 线的一个端点是否落在母线 SS-DK-525 上来判定两者的连接关系。

在设计拓扑搜索前,我们先把元件分成几类:具有一个节点编号的元件,如发电机、母线;具有两个节点编号的元件,如线路、等值线;具有多个节点编号的元件,如变压器。

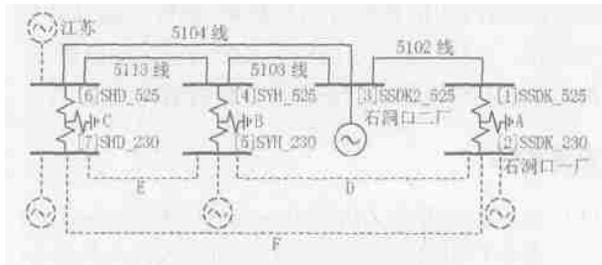


图 2 电力网络图

Fig. 2 Diagram of electric network

在对元件编号时,首先对所有母线编号,如图 2

中各母线编号已标出(方括号中的数字);然后再对每条母线进行第一层宽度搜索,如图 2 中对母线 1 进行宽度搜索得到元件 5102 线和变压器 A,则将母线 1 的编号赋给元件 5102 线和变压器 A,作为它们的一个节点编号(线路和变压器都是多节点元件);对母线 2 进行宽度搜索得到元件等值线 D、F、石洞口一厂发电机、变压器 A,同时也将母线 2 的编号赋予这些元件,作为它们的一个节点编号,其它母线依此类推。每一元件编号完成后将标志位置 1(注:对于有多个节点编号的元件,需要各节点编号都完成,才能置 1)。接下来分别以这些元件为起始点进行深度搜索,搜索的终止条件为搜索到另一条母线或无相连接元件为止。实际上,在图 2 所示的网络中经过对母线的宽度搜索,各元件的节点编号已经完成,标志位已全部置 1,不需再进行深度搜索。编号完毕,将编号结果以表的形式存储起来,为进一步的图形分析打下基础。

以上网络拓扑已形成,但是所绘制的网络是否与实际相符,则要做进一步检验。系统利用用户选择的 BPA 潮流数据文件来实现自动检验。其方法是利用 BPA 数据文件中的节点(包括 500 kV、220 kV 以及 35 kV 各个母线节点)来标识所有母线;利用变压器的虚拟节点来标识每台变压器。然后用节点之间的连接关系表示各种线路,利用备注项来区分双回线路。用户需先指定图形对应的 BPA 潮流数据文件,程序将自动浏览该文件,并形成 BPA 节点名库“Summary of Bus Quantities”。如表 1 所示,BPA 潮流数据文件中包含下面内容。

表 1 BPA 数据文件中母线的运行参数数据

Tab. 1 Statistics of bus quantities in BPA data file

Bus Name	Voltage Bank Taps	Generation		Load		Statics and Reactors			Bus Own Zone Type	Gen PF	Voltage/ Angle PU/ DEG
		MW	MVAR	MW	MVAR	Used	Exist	Unsched			
AAQB-01- 37.0	35.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		AH	.953/ 6.6
AAQB-01- 115.0	09.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		AH	.953/ 6.6
AAQB-02- 37.0	35.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		AH	.953/ 6.6
AAQB-M1- 230.0	219.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		AH	.953/ 6.6
AAQB-M2- 230.0	219.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		AH	.953/ 6.6
AAQB---- 230.0	219.2	.0	.0	135.5	52.5	.0	.0	.0		AH	.953/ 6.6
AAR-01-- 10.5	10.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	31.1	E	AH	1.000/ 6.6

(注:原 BPA 文件中有大量的空格,且每列数据都严格右对齐,由于本系统只需要提取每行的前十四位字符,部分空格已省去)

通过程序自动搜索“Summary of Bus Quantities”,确定节点汇总区域,取包括电压等级的前 14 字符(西文),统计节点数,一起存入新的 BPA nodeslist 文件,以备绘制图形时用户通过下拉列表选择,成为该元件查

找潮流数据文件中的唯一标识。用户只需要在每条母线的参数列表(右击母线即可弹出)中选择输入该母线的 BPA 节点名,程序就能进行图形网络验证,并读取潮流数据存入数据库。BPA 数据文件中的潮流

数据已包含用于计算等值机电势和角度的信息。通过电力系统网络等值(PSS/E)程序中的处理,按照REI等值理论,网络化简后,母线上的等值机只能有一个,文献[3]给出了计算等值机电势和角度的方法,计算过程中需要母线的电压和角度,变压器支路和实际线路的注入有功功率和无功功率(等值线利用两侧母线的电压和角度与等值参数分别计算两侧母线的注入电流)。这些数据通过绘制图形时已保存在数据库中的BPA节点名作为唯一标识,进行搜索,从而保证数据的可靠性和唯一性。例如,BPA潮流数据文件中,石洞口电厂500 kV母线关联的数据内容如下:在

表2 BPA潮流文件中石洞口一厂数据

Tab. 2 Statistics of Shidongkou power plant in BPA flow data file

SSDK---	525.0	506.3	kV //	- 1.3	ZONE SH	.0HLOAD	.0QLOAD	.964PU	kV	BUS TYPE		
SSDK2--	525.0	2	SH	- 157.9	PN	- 152.6	QIN	.009	HLOSS	- 1.1	QLOSS	.6QC
SSDKM-	230.0	1	SH	157.9		152.6		.243		12.1		500.0/230.0

4 三相节点编号及数据文件生成

在图形绘制完毕后,用户需输入一部分必要的的数据,如变压器的接线类型(如Y\Y₀\或Y/Y等),然后系统就可以自动进行三相节点编号。和拓扑结构编号相似,还是从母线编起,规则如下:

- 1) 所有元件的A、B、C三相节点号连续排列;
- 2) 母线的A相号(A、B、C三相编号中的A相号)=母线的单相号×3-2;
- 3) 利用已保存的拓扑信息搜索单相号等于母线单相号的元件,将母线的A相号赋予该元件,作为该元件的A相号;
- 4) 对所有的电源的A相号+1,并搜索A相号该电源A相号的元件,将这些元件的A相号+1;
- 5) 对变压器要判断其接线方式,对于Y型接线的一侧,其A相编号的调整和电源类似,其余接线方式不需调整。

三相节点编号完成,则仿真所需的数据已经完备。在数据库中存储了元件的图形信息(位置,颜色等),元件的参数(如发电机的阻抗),以及从BPA潮流文件中搜索的潮流数据,元件的拓扑信息等。而在进行仿真计算时只需要其中部分数据,为了使程序更加快速运行,最后把必要的仿真数据以特定格式写入数据文件,作为绘图部分和仿真部分的接口。

5 结论

本系统具有友好的人机界面;图形的绘制、编辑

图2中,从SSDK525到SSDK2-525有一条线路,而在表2中第一行开头有“SSDK525”,在第二行从第七列开始有“SSDK2-525”,根据BPA潮流文件的数据格式说明,可以确定有SSDK525到SSDK2-525的线路,而且该线路的功率和损耗(表2中第二行内容)均能读取出来,并保存到数据库中。在石洞口一厂的潮流数据中还有一条SSDK525到SSDKM-230的支路,这是母线到它所连接变压器的潮流,SSDKM-230是所连接变压器的虚拟节点名。对于其它线路、变压器、发电机等连接校验类似。

简单;参数录入容易;能自动读取BPA潮流数据,节省了大量数据处理的工作量。最后生成的用于仿真的数据文件,和仿真部分结合起来,使得仿真计算更加直观。本软件将用于国电华东公司进行电磁暂态、机电暂态和继电保护动态特性分析的仿真系统中。

参考文献:

- [1] 张伯明,陈寿孙(ZHANG Bor ming, CHEN Shou sun). 高等电力网络分析(Analysis of Advanced Electric Network) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press), 1996.
- [2] 刘炳文,许蔓舒(LIU Bing-wen, XU Man-shu). Visual Basic程序设计教程(Visual Basic Program Designing Tutorial) [M]. 北京:清华大学出版社(Beijing: Tsinghua University Press), 1996.
- [3] 赵亮亮(ZHAO Liang-liang). 电力系统暂态仿真中自藕变压器模型的研究(硕士学位论文)(Study of the Model of Autotransformers in Electric Transient Simulation of Power Systems, Thesis) [D]. 天津:天津大学(Tianjin: Tianjin University), 2004.

收稿日期: 2004-04-28

作者简介:

刘翠艳(1979-),女,硕士,研究方向为电力系统数字仿真;E-mail: tuziliu@eyou.com

陈超英(1957-),男,教授,主要研究方向为电力系统数字仿真、谐波。

(下转第33页 continued on page 33)

- (Research on Insulation Monitoring Device and Measuring Method for DC System Based on Microcomputer) [J]. 电子测量与仪器学报 (Journal of Electronic Measurement and Instrument) ,2000,14(3) :37-39.
- [3] 何建军,任震,黄雯莹 (HE Jianjun, REN Zhen, HUANG Wenying). 电力系统奇异信号的复值小波分析 (Complex Wavelet Analysis for Singular Signals of Power System) [J]. 中国电机工程学报 (Proceedings of the CSEE), 1999, 19(11) :33-38.
- [4] Lobos T, Rezmer J. Wavelet Transform for Real-time Estimation of Transmission Line Impedance Under Transient Conditions[J]. Electrical Engineering, 2002, 84 :63-70.
- [5] Liang J, Yun Z H, Liu F F. A Method of Fault Line Detection in Distribution Systems Based on Wavelets [J]. IEEE Power System Technology, 2002, 4 :2635-2639.
- [6] Lobos T. Nonrecursive Methods for Real-time Determination of Basic Waveforms of Voltages and Currents [J]. IEE Proceedings, 1989, 136(6) :347-351.
- [7] Chaari O, Meunier M, Brouaye F. Wavelet :A New Tool for the Resonant Grounded Power Distribution Systems Relaying [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1996, 11(3) :1301-1308.
- [8] Liang J, Elangovan S, Devotta J B. A Wavelet Multiresolution Analysis Approach to Fault Detection and Classification in Transmission Lines [J]. Electrical Power & Energy System, 1998, 20(5) :327-332.

收稿日期: 2004-03-08; 修回日期: 2004-05-14

作者简介:

李冬辉(1962-),男,博士、副教授,主要从事电力电子应用、计算机控制、楼宇自动化等方面的研究; E-mail: li-dong-hui@sohu.com

史临潼(1979-),女,硕士研究生,主要从事电力系统、楼宇自动化方面的研究。

Method for detecting DC system grounding fault based on wavelet transform

LI Donghui, SHI Lintong

(School of Electrical Engineering & Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: The paper analyzes the method of low frequency signal injection, which is usually used to detect DC system grounding fault, and advances the method based on wavelet transforms. That is when the grounding fault occurs, the sine voltage signal with low frequency is injected into the positive bus and the negative bus, the current signal existed in each branch is detected by the current transformer that is installed on the top of the branch, and the complex wavelet transform algorithm extracts the sine current signal that has the same frequency with the injected signal from each branch current. After the value of the resistance current that is included in the extracted current can be calculated to get the value of each branch's insulating resistance, the faulted branch will be found out. The paper depicts the whole thought of the detection process and the main result. Simulations by Matlab verify that it can get the phasor characteristics of the low frequency current exactly in the case of high direct earth capacitance and the faulted branch will be found out accurately.

Key words: DC system; DC grounding fault; complex wavelet transform; B-spline wavelet

(上接第 28 页 continued from page 28)

A visual graph creating system for simulations based on BPA flow data file

LIU Cui-yan¹, CHEN Chaoying¹, ZHANG Yan-xia¹, HAN Xue-jun², CHEN Jiann-min², ZHAO Liang-liang¹

(1. School of Electrical Engineering and Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. East China Grid Company, Shanghai 20002, China)

Abstract: According to the existing BPA flow data file and the characteristics of data structure of electric system, this paper develops a new drawing software, which makes full use of BPA flow file and just needs a little information inputting by hand. The drawing software could automatically analyze the topology graph and search the flow data for simulations in BPA data file. It also provides the three-phase node number, solves the suppositional generator problem, and records data. This system lessens the burden of the users and improves the intelligence and validity of electrical graph analysis.

Key words: flow data; simulations; drawing software; database; topology graph