

文章编号:1671-6833(2007)01-0037-05

基于 VisioVBA 编程的图形化高压电力网 理论线损计算软件的开发

章 健, 张 锋, 海德伦

(郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 提出并研究了一种以 Microsoft Visio2003 图形软件为平台, 利用 VBA 进行二次开发的图形化高压电力网理论线损计算软件开发的新技术和新的实现方法. 绘出了高压电力网理论线损计算的数学模型及算法. 研究了基于所绘电气接线图的电力系统通用的图形化建模方法, 以及电网拓扑结构的自动识别. 开发了运行于 Visio2003 的实用的图形化高压电力网理论线损计算软件. 开发实践表明, Visio 的二次开发技术为图形化高压电力网理论线损计算和其他电力系统计算软件的开发提供了有效途径.

关键词: Visio2003; VBA 编程; 图形化; 高压电力网; 理论线损计算

中图分类号: TM 744 文献标识码: A

0 引言

理论线损计算对于衡量电网经济运行情况、评价电网结构和布局的合理性、找出电网薄弱环节制定降损措施、合理下达线损考核指标等具有重要的作用, 因此理论线损计算是电力企业线损管理工作中的重要内容. 已研究了大量理论线损计算的方法^[1-3], 开发了相应的应用软件^[4,5], 并且在线损计算与管理工作中已发挥了很大作用.

目前在电力企业应用的图形化线损计算软件, 主要是用 VB、Delphi 或 VC 等开发工具完成的. 这种开发模式工作量大、周期较长、功能有限、后期维护困难, 是一种少、慢、差、费的开发方法.

作者摒弃了目前多数开发单位广泛采用的全部基于 VB、Delphi 或 VC 等开发工具的开发模式, 提出了以 Visio2003 为图形平台的图形化电力系统理论线损计算软件开发的有效途径. 基于 VisioVBA 编程的二次开发技术^[6,7], 充分利用了 Visio2003 的所有功能, 实现了用纯 VB、Delphi 或 VC 开发工具编程所难以实现的比较完善的功能.

1 高压网理论线损计算的数学模型

1.1 潮流计算

设系统有 $n+1$ 个节点, 其中 $1 \sim m$ 为 PQ 节

点, $m+1 \sim n$ 为 PV 节点, $n+1$ 为平衡节点. 直角坐标形式的电力系统潮流方程对于 PQ 节点为^[8]

$$\begin{cases} \Delta P_i = P_i^s - P_i(\mathbf{e}, \mathbf{f}) = 0 \\ \Delta Q_i = Q_i^s - Q_i(\mathbf{e}, \mathbf{f}) = 0 \end{cases} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

对于 PV 节点为

$$\begin{cases} \Delta P_i = P_i^s - P_i(\mathbf{e}, \mathbf{f}) = 0 \\ \Delta U_i^2 = (U_i^s)^2 - (e_i^2 + f_i^2) = 0 \end{cases} \quad (i=m+1, m+2, \dots, n) \quad (2)$$

利用牛顿-拉夫逊法求解, 其中, 第 k 次迭代的修正方程为

$$\begin{bmatrix} \Delta \mathbf{P}^{(k)} \\ \Delta \mathbf{Q}^{(k)} \\ (\Delta U^{(k)})^2 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \mathbf{H}^{(k)} & \mathbf{N}^{(k)} \\ \mathbf{M}^{(k)} & \mathbf{L}^{(k)} \\ \mathbf{R}^{(k)} & \mathbf{S}^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \mathbf{e}^{(k)} \\ \Delta \mathbf{f}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (3)$$

电压修正为

$$\begin{cases} \mathbf{e}^{(k+1)} = \mathbf{e}^{(k)} + \Delta \mathbf{e}^{(k)} \\ \mathbf{f}^{(k+1)} = \mathbf{f}^{(k)} + \Delta \mathbf{f}^{(k)} \end{cases} \quad (4)$$

潮流计算收敛后, 计算平衡节点有功功率 P_s , 减去总负荷有功 $P_{L\Sigma}$, 得有功网损:

$$\Delta P_\Sigma = P_s - P_{L\Sigma} \quad (5)$$

1.2 理论线损计算的节点等效功率法

若由负荷节点在一段时间 T 内的有功和无功用电量构成的列向量分别为 \mathbf{A}_p 和 \mathbf{A}_q , 则负荷节点的平均有功和无功负荷列向量分别为^[9]

收稿日期: 2006-10-30; 修订日期: 2006-12-05

作者简介: 章 健(1963-), 男, 福建福州人, 郑州大学副教授, 博士, 主要从事电力系统运行与分析 and 电力系统辨识方面的研究工作.

$$\begin{cases} P_{av} = \frac{1}{T} A_p \\ Q_{av} = \frac{1}{T} A_Q \end{cases} \quad (6)$$

分别乘以形状系数矩阵 K_p 和 K_Q , 得节点等效功率

$$\begin{cases} P_{eq} = K_p P_{av} \\ Q_{eq} = K_Q P_{av} \end{cases} \quad (7)$$

K_p 和 K_Q 为对角矩阵

$$K_p = \text{diag}(K_{p1}, K_{p2}, \dots, K_{pn})$$

$$K_Q = \text{diag}(K_{Q1}, K_{Q2}, \dots, K_{Qn})$$

令节点负荷功率为相应的节点等效功率 Q_{eq} 和 Q_{eq} , 做潮流计算, 得有功网损 ΔP_Σ , 从而电量损耗为

$$\Delta A_\Sigma = \Delta P_\Sigma T \quad (8)$$

1.3 基于典型日负荷曲线的理论线损计算

根据典型日负荷曲线, 利用潮流计算得典型日电能损耗, 再计算月和年电能损耗^[9]. 若已知负荷点的典型日负荷曲线

$$S_i(k) = P_i(k) + jQ_i(k) \quad (k=1, 2, \dots, 24)$$

对各整点做潮流计算, 各整点有功网损为

$$\Delta P_\Sigma(k) \quad (k=1, 2, \dots, 24)$$

则代表日网损电量为

$$\Delta A_d = \sum_{k=1}^{24} \Delta P_\Sigma \quad (9)$$

月线损电量为

$$\Delta A_m = \Delta A_d N_m \left(\frac{A_m}{A_d N_i} \right) \quad (10)$$

式中: A_m 为月实际有功供电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$; A_d 为代表日平均每天的有功供电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$; N_m 为某月天数; N_i 为某月实际投运天数.

全年网损电量为 12 个月线损之和, 即

$$\Delta A_y = \sum_{k=1}^{12} \Delta A_m \quad (11)$$

2 Visio 图形化理论线损计算软件开发

2.1 图件和模具的设计

图形化电力应用软件需要设计出用于绘制电网电气接线图和地理接线图的常用元件符号, 这些绘图元件放在绘图工具箱中. 图形化建模时, 用鼠标把图元拖拽到绘图区, 通过准确的连接构造电气接线图.

在 Visio 中, 用于绘图的图元称为图件, 放置图件的绘图工具箱称为模具. 首先, 在绘图区内绘制出所需的绘图元件符号, 并对其连接端子增加

端点, 以便连接和拓扑结构自动识别时使用. 再利用 ShapeSheet 电子表格为图元设置属性, 即附加到该元件设备上的参数, 例如, 变压器图元有名称、容量、型号、短路试验数据、空载试验数据、绕组组别等. 为了双击图元能够弹出相应的对话框用于参数的输入、设置、修改和查询, 还需要对图元赋以双击事件. 最后, 将完成的图件用鼠标拖拽到一个新的模具中, 为新模具命名后保存即可.

2.2 ShapeSheet 电子表格的应用

在 Visio 中, 与图形对应的有一个 ShapeSheet 电子表格. 图形的编辑和改变, 例如位置、大小、高度、宽度、角度和颜色等的改变, 可以在 ShapeSheet 中立即看到数值的变化. 在 ShapeSheet 中改变数值和有关公式会引起相应图形的改变, 可以通过公式精确的描述和控制图形.

2.2.1 属性 (CustomProperties) 的设置

在图形化电力计算软件中, 需要把图件和其表示的电气设备的数据关联起来. 可以把图件和数据分离, 数据存放在数据库中, 通过图件的唯一 ID 号与数据库中的相应记录关联起来, 从而实现数据的图形化查询、检索、输入和修改. 数据量比较大时, 可以采用这种数据库的方式来组织、存储和管理数据. 当数据量不大时, 也可以把数据与图件绑定在一起, 在制作图件时, 对其 ShapeSheet 表中的用户属性 CustomProperties 区进行增加和定义. 例如, 线路图件的数据属性有端点编号、导线型号、导线长度、单位长度电阻和电抗等. 在绘图区绘制的图形都带有相应属性, 其数据就存放在用户属性 CustomProperties 区的电子表格中. 数据的输入、查询通过窗体实现.

2.2.2 事件 (Events) 的定义

为了输入、修改、查询所绘图形设备的数据, 需要在鼠标双击图形设备元件时弹出相应的窗体. 为此, 在设计图件时, 要对其 ShapeSheet 表中的事件 Events 区的双击事件 EventsDbClick 定义. 其格式为: = RUNADDON (" ThisDocument. 过程名称 Name"), 在 VBA 编辑环境中, 有一个 Visio 对象, 在其中的 ThisDocument 下写一段过程名为 Name 的打开相应窗体的程序即可. 这样这个图件就具有响应鼠标双击事件的能力了.

图 1 所示为三绕组变压器图元的双击事件定义, 用鼠标双击该图形符号将弹出一对话框, 供参数输入与修改.

2.3 窗体的设计

窗体的主要功能是提供交互式的界面, 通过

窗体可以进行数据输入、修改、设置、查询和显示等,如图 2 所示.窗体是一个集合对象,可以在窗体中增加或减少控件,并且可以设置窗体和控件的属性.

高压电网理论线损计算软件,通过窗体实现对 ShapeSheet 电子表格中用户属性 CustomProperties 区数据的存取和修改.

通过上述工作,可以实现电网电气接线图的绘制和编辑,根据所绘制的电气接线图,可以通过鼠标事件对电力元件进行交互式参数输入、设置和查询等.完成了一个操作简单、直观的通用图形化高压电力网理论线损计算软件界面.

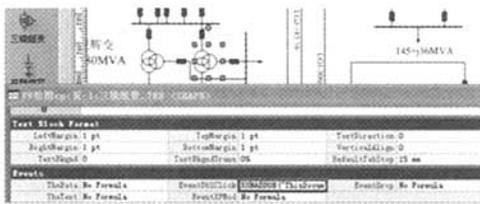


图 1 图元的事件定义

Fig.1 Defining event object of a compone

2.4 电网拓扑结构的自动识别

图形化电力计算软件开发技术产生之前,电网拓扑数据和元件参数是通过数据文件、表格、数据库等方式输入的,缺乏直观性.图形化电力计算软件应具备从所绘制的电气接线图中提取电网拓扑结构的数据,实现电网的拓扑结构自动识别的能力.与目前许多电力系统可视化软件中通过坐标进行元件连接关系的识别不同,这里的 Visio 图形化电网线损计算软件的开发,是利用 Connect 对象来识别元件连接关系.这种方法简单、高效且不易出错.



图 2 元件参数输入与修改窗体

Fig.2 The form used to input or modify parameters of a component

在 Microsoft Visio 绘图中,图形之间有两种连

接关系,其一是某个图形主动地连接到其他图形上,如图 3 中所示的图形 A 主动地连接到图形 B 上;其二是某个图形被动地被其它图形连接到自己身上,如图 3 中所示的图形 A 被图形 C 和图形 D 连接到自己身上.这两种连接关系在 Visio VBA 中又与图形 (Shape) 对象中的 Connects 属性和 FromConnects 属性相对应.其中 Connects 属性与第一种连接关系相对应,它返回的是该图形主动连接到其它图形上的这种连接关系 (Connect 对象) 的集合;FromConnects 属性与第二种连接关系对应,它返回的是该图形被其它图形连接到自己身上的这种连接关系 (Connect 对象) 的集合.

并且对于任意一个连接关系 (Connect 对象) 都能且只能由两个图形对象 (Shape), 即主动连接的图形和被动连接的图形构成,而这两个图形对象又可以通过 Connect 对象的 FromSheet 属性和 ToSheet 属性来返回.

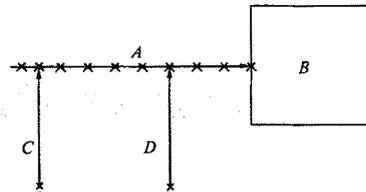


图 3 图形之间的连接关系

Fig.3 The connection between shapes

图形元件端点自动编号的基本步骤是:

- (1) 对母线进行编号,并且把与母线相连的元件端点编号设置为与所连母线的编号相同.
- (2) 对 T 形节点进行编号,同时把与 T 形节点相连的元件端点编号设置为与所连 T 形节点的编号相同.
- (3) 对输电线路没有被编号的端点进行编号,并把与其相连的元件的端点编号设置成与该端点的编号相同.
- (4) 对双绕组变压器的两端进行编号,并把与其相连的元件的端点编号设置成与所连双绕组变压器端点的编号相同.
- (5) 对三绕组变压器的三端进行编号,并把与其相连的元件的端点编号设置成与所连三绕组变压器端点的编号相同.
- (6) 对电抗器的两端进行编号,并把与其相连的元件的端点编号设置成与所连电抗器端点的编号相同.
- (7) 对断路器没有被编号的端点进行编号,并把与其相连的元件的端点编号设置成与该端点

的编号相同。

3 软件的特点

由于本软件是站在 Visio2003 图形平台上进行专业化二次开发的图形化电力系统理论线损计算软件,与其他模式下开发的图形化电力系统理论线损计算软件相比,该软件的主要特点如下:

(1)完全图形化建模与操作方式.用户可以利用软件提供的电力系统绘图元件(例如,变压器、线路、母线、开关等)轻松绘制出电力网的电气接线图,通过点击图中元件弹出的窗体输入和修改元件参数、设置元件运行状态,非常直观、操作十分方便。

另外本系统图形编辑功能十分强大,具有绘图、复制、粘贴、删除、移动、放大、缩小、漫游、设置线型和线宽、颜色设置、字体设置等专业化绘图软件应具备的所有功能,完全能够满足电力网电气接线图绘制的需要。

(2)电网拓扑结构自动识别.无需对电力网节点进行人工编号,只需按规则绘制出电网的电气接线图,本软件就能自动识别元件之间的连接关系,自动对元件端点进行编号,形成计算所需的电网拓扑结构信息,使电网的建模过程转化为直观的绘图过程。

(3)与 Office 办公软件的整合.本软件所绘制的电气接线图不但可以在所开发的软件环境下打

印出图,还可以非常容易地插入到 Office 套装软件中,例如与 Word 整合可制作出非常专业的文稿、手册、报告,使所制作的报告图文并茂;与 PowerPoint 整合可以制作出视觉效果极佳的演示报告;与 Excel 整合可以将计算结果输出到电子表格中进行统计、打印,制作出十分美观的报表。

(4)与 Internet 和 AutoCAD 的整合.本软件可以便捷地将图形资料转换成网页,从而实现了与互联网的集成,极大地方便了数据共享.用户不但可以方便地将制作的图形文件制作成网页发布到网站上,而且可以用 E-mail 的形式将其传送给众多审阅人。

本软件可以将制作的电网电气接线图转换成 AutoCAD 图形格式,用户可以像对待 CAD 文件一样对图形进行编辑或修改。

4 算例

根据笔者研究的技术开发了图形化理论线损计算软件,利用所开发的软件绘制出河南省某地区 220 kV 电网电气接线图,并输入相应的运行参数和元件参数,线损计算结果如图 4 所示.理论线损率、按电压等级分类的全网线损汇总表以及生成的相应的直方图均自动标注在图中.全网线损汇总表给出了各电压等级各类元件或设备的线损、总线损以及全网线损率;直方图十分直观地显示了各电压等级分类线损值。

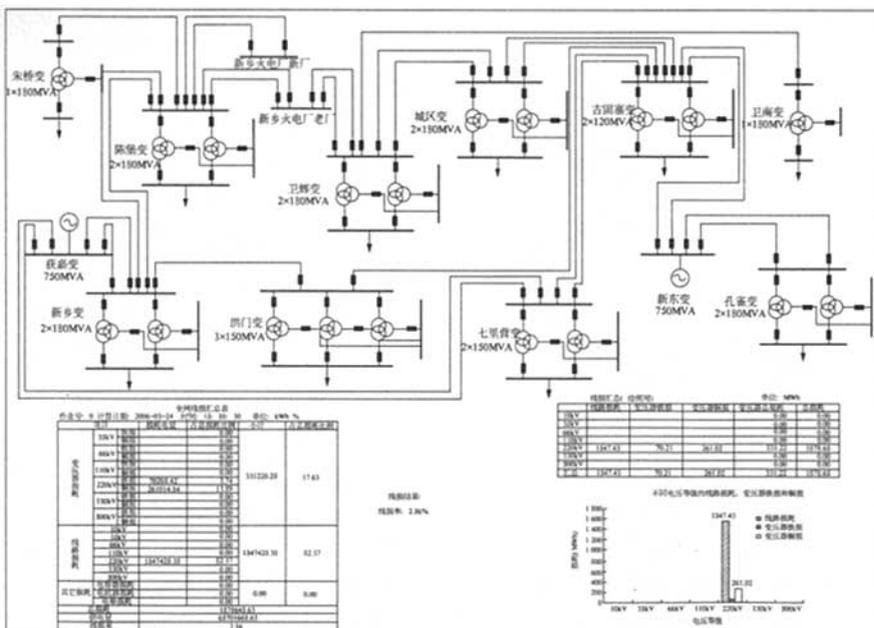


图 4 实例高压电网理论线损计算结果(本软件绘图并自动生成有关图表)

Fig. 4 The result of theoretical loss calculation for an actual system

5 结论

作者提出并研究了一种以 Microsoft Visio2003 图形软件为平台,利用 VBA 进行二次开发的图形化高压电力网理论线损计算软件开发的新技术和新的实现方法.研究了基于所绘电气接线图的电力系统通用的图形化建模方法,以及电网拓扑结构的自动识别技术.算例表明,利用作者提出的方法开发出的实用化电力系统图形化高压电力网理论线损计算软件,具有界面友好、功能强大和使用方便的特点.开发实践表明,Visio 的二次开发技术,与全部基于 VB、Delphi 或 VC 等开发工具的开发模式相比,具有开发平台高、开发代价小、开发周期短以及开发功能强大的特点,为图形化高压电力网理论线损计算和其他电力系统计算软件的开发提供了新的有效的途径.

参考文献:

- [1] 许汉平,施流忠,刘 巍,等.基于状态估计数据的电网线损理论计算方法[J].华中电力,2001,14(6):10-12.
- [2] 韩富春,王 英,张 丽,等.人工神经网络在电力系统网损计算中的应用[J].太原理工大学学报,2004,35(6):664-666.
- [3] 李 晨,丁晓群,刘小波,等.基于实时系统数据的电网综合线损分析方法及其应用[J].电力自动化设备,2005,25(3):47-50.
- [4] 张伏生,李燕雷,汪 鸿.电网线损理论计算与分析系统[J].电力系统及其自动化学报,2002,14(4):19-23.
- [5] 王 刚,杜凌艳,张明理.基于图形界面的输电系统网损分析软件的研究与开发[J].吉林电力,2005,178(3):1-3.
- [6] 玄伟剑.中文版 Visio2003 图纸设计入门与提高[M].上海:上海科学普及出版社,2004.
- [7] 美国 Microsoft 公司著,莱恩工作室译.开发 Microsoft Visio 解决方案[M].北京:北京大学出版社,2002.
- [8] 西安交通大学,清华大学.电力系统计算[M].北京:水利电力出版社,1978.
- [9] 杨秀台.电网线损的理论计算和分析[M].北京:水利水电出版社,1985.
- [10] 于尔铿.电力系统状态估计[M].北京:水利电力出版社,1985.

The Development of Graphic Theoretical Loss Calculation Software for High Voltage Network Based on Visio

ZHANG Jian, ZHANG Feng, HAI De-lun

(School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: A new technique, also a new method of developing the graphic theoretical loss calculation software for high voltage network, is proposed and studied, which uses Microsoft Visio2003 as development platform and VBA as secondary development tools. The mathematic model and two algorithms of the theoretical loss calculation for high voltage power network are discussed. On the basis of electrical connect graph drawn, the generally used method of graphic modeling of power system and the automatically identification of power network topology structure are studied. Finally the practical graphic theoretical loss calculation software for high voltage power network is developed, which is operated under Visio2003. By developing this software, it indicates that the technique of secondary development for Visio offers a new effective method for the development of the graphic theoretical loss calculation software for high voltage power network.

Key words: Visio2003; VBA programming; graphics; high voltage network; theoretical loss calculation