

一种交互式电力系统绘图软件的开发方法及其实现

杨志敏, 王克英

(华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

摘要: 作为一种快速应用程序开发语言的 Visual Basic 为众多电力研究人员所使用, 而具有电气主接线图的电力系统应用程序也显得更加易用和友好, 但是用 VB 开发绘图软件一直被认为比用其他编程语言要困难得多。文中提出了利用 VB 的面向对象技术开发交互式电力系统绘图工具的一种方法, 基于这种方法编写出了相应的软件, 并且把该软件应用于相量测量系统为其表示被测电力系统的拓扑结构及运行状态。

关键词: Visual Basic; 类; 电力系统; 绘图

中图分类号: TM762 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)05-0051-05

0 引言

随着计算机技术的发展, 可视化已成为应用软件的一个事实上的要求, 友好的用户界面使得应用程序的使用变得简单和直观, 具有主接线图的电力系统应用程序能大大减轻电力系统工作人员负担。将可视化编程技术应用于电力系统分析、控制以及仿真软件亦已成为当前电力系统应用软件的一个发展趋势。

文献 [1] 介绍了用 Visual C++ 开发电力图形系统的方法。作为快速应用程序开发工具的 Visual Basic 语言比起其他编程语言来显得简单易用, 目前相当数量的电力研究人员就是以 VB 作为开发工具的, 但是用 VB 开发绘图软件却一直被认为比用其他编程语言困难得多。文献 [2] 用 VB 开发的电力系统图形监控程序只是以图表的形式表示出电力系统的运行状况, 并没有绘制出真正的系统接线图和元件的图形符号。文献 [3] 提供了一种用 VB 开发交互式绘图软件时基本图元的实现思路, 笔者借鉴这种思路, 用 VB 开发出了适用于电力系统应用软件的交互式电力系统绘图工具。

1 软件设计思想

面向对象编程技术 (OOP) 实现了代码的封装, 它仅提供功能的接口, 使得软件的二次开发变得更加简单, 因为不用再过多地考虑已有的代码实现机制, 直接使用代码模块提供的功能接口即可实现设计目标。

面向对象编程技术的优越性与类的应用有着极其密切的关系。类的应用是 C++ 语言的最重要的特点之一, 类使得 C++ 语言有了极大的灵活性。作

为应用程序快速开发工具的 Visual Basic 语言也在一定程度上具有类的功能, 使用 VB 中类模块可以实现类的相当一部分功能, 利用这些功能就可实现电力系统的交互式绘图。

对象要用类来描述, 本文的对象就是发电机、母线、变压器等电力元件。

首先从电力系统电气主接线图的特点和各个元件的共性中抽象出一个基类, 该基类并不代表具体元件, 仅仅是为派生代表具体元件的类作准备。在基类的类模块中定义属性和方法, 属性是所有派生类都将具有的属性例如元件在图上的位置信息和公共 D 号, 方法例如元件绘制、操作、动作也是所有派生类将具有的, 只是这里的方法都是没有执行语句的空函数或者子例程, 因为各种具体元件的绘制、操作、动作都不同, 只能留到派生类中具体实现。

然后以基类作为框架来实现代表具体元件的各派生类, 派生类继承了基类的属性和方法, 在这里为各派生类分别编写符合各自代表的具体元件情况的方法。派生类可以添加自己的属性和方法, 如发电机类特有的发电机 D 号、铭牌数据、启动过程模拟函数, 但是这些属性和方法不能通过基类的实例变量来调用, 需要声明一个相应派生类的实例变量来调用。

交互式绘图要求使用简单的操作方法实现用户与程序的互动。为了实现让用户主要通过鼠标操作来与绘图界面互动, 需要创建逻辑上的多态可切换开关来控制鼠标动作响应, 让相同的鼠标动作在不同的开关状态下对操作对象产生不同的操作。

2 软件实现

2.1 对象描述

新建一个 VB 的 EXE 工程后,添加一个表示位置的类模块,将其命名为 Point 并添加 X 和 Y 两个表示平面坐标的属性。

电力系统的各种元件通过类来描述,除了抽象出来的基类外,还有与实际元件相对应的派生类。元件类的派生如图 1 所示。图中的省略号表示还可根据不同的应用场合添加相应的成员或者继续派生描述其他元件的类。

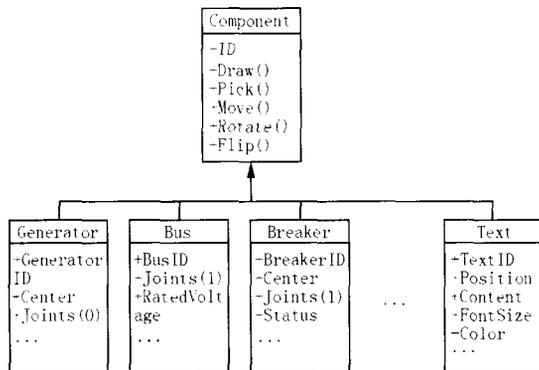


图 1 元件的基类、派生类及其成员

Fig 1 Members of component base class and derived class

2.1.1 Component 类

提取所有元件的共性而抽象出来的类,用它作为派生具体元件类的基类,是生成具体元件类模块的模板,其方法成员(包括函数成员与子例程成员)只声明而没有具体执行语句,等待在派生类模块中针对所表示的具体元件的特性再来编写它们的执行语句。其成员主要有:

1) D 属性。为所有元件统一编制的 D 号,创建的任何一个元件将有且只有一个不重复的这种 D 号。

2) Draw 方法。在指定的绘图对象上绘制元件,具有一个用于指定对象的 Object 型参数,以便根据具体应用把元件绘制到不同的对象上,例如在编辑系统图、打印系统图和移植到应用程序三种情况下该参数的赋值分别是图形编辑区(本软件的图形编辑区是名为 picDraw 的 PictureBox 控件)、Printer 对象和图形应用区(本软件的图形应用区是相量测量系统上位机软件中的名为 picSystem 的 PictureBox 控件)。

3) Pick 方法。定义如何在图形区域选中一个元件, Boolean 型函数。

4) Move 方法。在图形区域中移动元件。

5) Rotate 方法。旋转元件 90 角。

6) Flip 方法。翻转元件。

2.1.2 派生类

为了绘制电力系统图,用 Component 类派生了 Generator 类、Bus 类、Breaker 类、Transformer 类、Tri-Transformer 类、Capacitor 类、Reactor 类、Line 类和 Cable 类,分别表示发电机(或者电源)、母线、断路器、双绕组变压器、三绕组变压器、电容器、电抗器、输电线和电缆。

为了绘制发电厂电气主接线图,用 Component 类派生了 Grounding 类、Switch 类、Arrester 类、PT 类和 CT 类,分别表示接地、隔离开关、避雷器、电压互感器和电流互感器。

为了进行短路计算,用 Component 类派生了 ShortCircuit 类表示各种短路故障。

为了对元件和图形进行标注派生了 Text 类,即文本类,Text 类在本软件移植到其他电力系统应用程序之后还有显示系统运行值和预警信息等作用。

在派生类的类模块中首先要为从 Component 继承过来的方法成员编写代码,例如 Draw 方法可以用绘图区的 Circle 方法和 Line 方法在相应位置绘出元件的图形符号。除了继承成员外还可添加各元件的特有成员,如:

1) 各元件特有的 D 号,如 GeneratorD 属性为电源的专门 D 号。

2) Center 属性:某些对称元件的位置中心,为 Point 类型的数据。

3) Joints 属性:表示可连接元件的连接点的 Point 类型的数组。

4) Bus 类和 Line 类的 RatedVoltage 表示线路的电压等级。

5) Breaker 类的 Status 属性表示断路器的通断状态,为 Boolean 型数据。

6) Line 类的 NumberOfSections 属性表示输电线有几段。

7) Text 类的 Content 为 String 类型,表示要显示的文字的内容。FontSize 和 Color 分别表示字体大小和颜色,用不同的颜色和字体大小来区分内容及其所标示的元件的功能和重要性。

还可继续派生其他元件类,以适应具体应用场合的需要,例如本绘图工具后来应用于相量测量系统中时还添加了 PMU 类(相量测量单元类)。

2.1.3 集合类

一种元件可能会有多个具体实例,为每种元件

声明足够数量的类的实例变量并不可取,太多的变量会导致混乱。更好的办法是为每种元件建立集合类,把同一种类的元件放到一个集合类的实例中,有利于单个元件和整个图形的管理和操作。

在前面建立的各元件类的基础上,分别为各个类建立自己的集合类,依次命名为 Generators, Buses, Breakers, Transformers, Lines, Texts等,并在绘图窗体中为每个集合类各声明两个窗体级实例,例如 iGenerators, Buses, Breakers, iTransformers, Lines, iTexts 和 iGeneratorsSel, BusesSel, BreakersSel, iTransformersSel, LinesSel, iTextsSel等,其中前面的以 s结束的实例用来存放已经绘制出的元件信息,后面以 Sel为后缀的实例则是用来存放被选择的等待进一步操作的元件的信息。

2.2 命令映射

2.2.1 逻辑多态开关

交互式绘图的特点是实现操作者与图形和图元之间的互动,要求同样的鼠标动作在不同的条件或程序运行状态下要执行不同的功能,比如拖动鼠标可以是选择元件、拖动元件或者连接元件的任何一种。通过创建一个逻辑上的多态切换开关来控制鼠标动作响应,添加公共模块并在其中加入:

```
Public Enum MouseCommandType
    mctSelect = 1
    mcBoxSelect = 2
    mcMove = 3
    mcConnect = 4
    mcCreateComponent = 5
End Enum
```

在绘图窗体上面添加一个 PictureBox控件作为绘图区并将其命名为 picDraw,在窗体中为刚建立的枚举类型声明一个实例:

```
Dim MouseCommandType As MouseCommandType
```

MouseCommandType 就是所需的逻辑多态开关,通过对其值的控制就可以实现相同的鼠标命令在不同条件或程序运行状态下执行不同操作的要求。响应代码执行的结果也会改变 MouseCommandType变量的值,以便充分优化和方便用户的操作。实现代码框架如下(以 picDraw_MouseDown事件为例):

```
Private Sub picDraw_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
    If Button = 1 Then left button
        Select Case MouseCommandType
            Case mctSelect
```

```
...
Case mcBoxSelect
...
Case mcMove
...
Case mctConnect
...
Case mcCreateComponent
...
End Select
...
Else If Button = 2 Then right button
...
End If
...
End Sub
```

上面框架中鼠标左键点击绘图区在 MouseCommandType值为 mcCreateComponent时为创建一个新元件,需要另一个可切换的逻辑多态开关来控制被创建元件的类型,为此在公共模块中再添加:

```
Public Enum ComponentType
    ctGenerator = 1
    cBus = 2
    cBreaker = 3
    ctTransformer = 4
    ctTriTransformer = 5
    ctLine = 6
...
End Enum
```

同样在绘图窗体中为其声明一个实例:

```
Dim iComponentType As ComponentType
```

之后通过改变 iComponentType的值即可控制要创建的元件的类型。此逻辑多态开关在程序代码的其他地方还用来控制操作对象的类型。

2.2.2 逻辑多态开关的切换

点击绘图窗体的菜单项或者工具栏按钮可以切换上述两个逻辑多态开关的状态。为了达到优化操作步骤的目的,鼠标事件响应也应该可以改变逻辑多态开关的状态。

本软件主要是利用绘图区的 MouseDown, MouseMove和 MouseUp3种鼠标事件的响应来实现交互式绘图的,这3种事件响应执行的代码片断由逻辑多态开关和事件的 Button值共同控制, Button = 1表示鼠标左键, Button = 2表示鼠标右键。图2显示发生 MouseDown事件时,程序根据逻辑多态开关的值进行响应及其对逻辑多态开关值修改的过程。

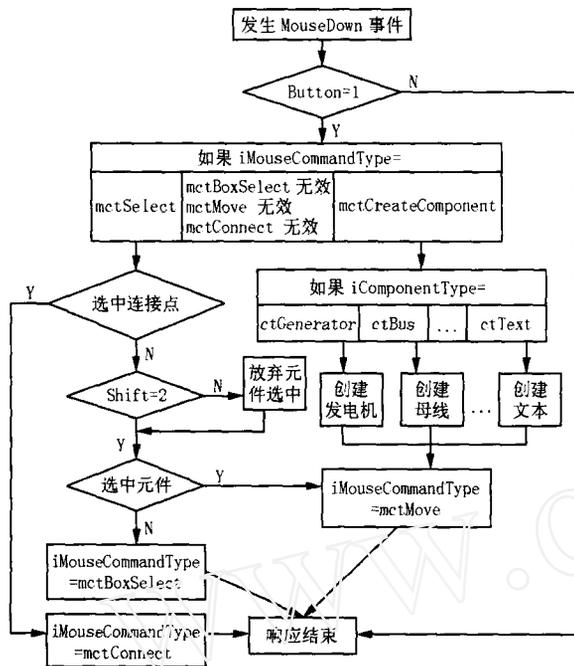


图 2 绘图区 MouseDown 事件的响应

Fig 2 Response of MouseDown sequence in drawing zone

由于使用的是 Button = 1 的 MouseMove 事件 (即按住鼠标左键的拖动), 之前必有 MouseDown 事件, 根据图 2 得知拖动时只需考虑 MouseCommandType 值为 mctBoxSelect, mctMove 和 mctConnect 的三种情况。在这三种情况下该 MouseMove 事件响应分别是拖动选择 (用方框包围的形式选择元件)、移动元件和调整元件连接点, 拖动过程中 MouseCommandType 的值保持不变。

Button 为 1 时的 MouseUp 事件 (释放鼠标左键) 响应为: 结束以上三种拖动, 将 MouseCommandType 的值修改为 mctSelect。

Button 为 2 时的 MouseUp 事件 (释放鼠标右键) 响应为根据点击位置弹出相应的快捷菜单。

2.3 软件功能

本软件的基本功能是绘制电力系统图。图 3 是用本软件绘制的用于进行短路计算的电力系统主接线图的一个例子, 图 4 是用本软件绘制的发电厂电气主接线图。作为绘图工具, 本软件在使用时绘图习惯基本上与普通 CAD 软件一致, 人机交互效果也很好。

本软件具有其他一些辅助绘图功能, 如栅格、Snap To、缩放、打印和基本文件功能等。

栅格: 可以选择在绘图区显示均匀水平间距和垂直间距的点的阵列来帮助对齐图元和连接点。

Snap To: 创建、拖动和连接元件时让其主要

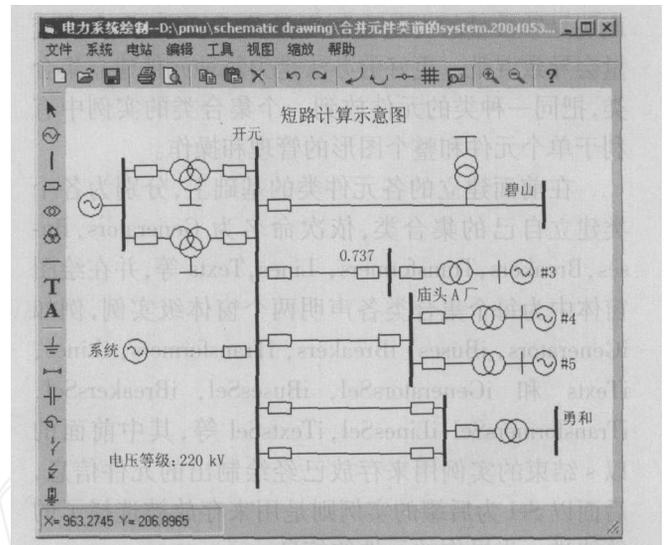


图 3 用绘图工具绘制电力系统图

Fig 3 Drawing power system diagram with drawing instrument

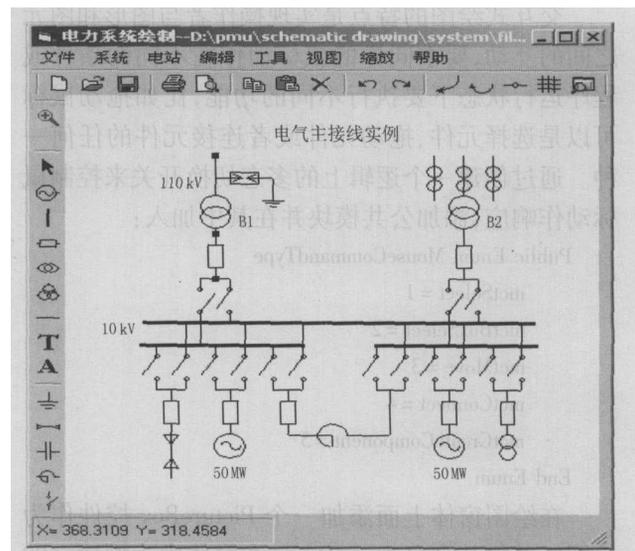


图 4 用绘图工具绘制发电厂电气主接线图

Fig 4 Drawing electrical main connection with drawing instrument

点 (如中心和连接点) 总是位于栅格点上, 操作前要到找到离当前点最近的栅格点; 在为元件进行连线的时候自动计算当前连接点和其他可连接点的距离, 当和另外某个连接点的距离小于某个值时, 自动将当前连接点连接到该点上。

缩放: 可以调整绘图区的用户坐标设定来缩小或放大全图。

打印: 通过引用 Printer 对象来实现, 实现步骤为: 设置打印规格和格式 → 用图文方法把表示元件的图文元素装入 → 开始打印。

基本文件功能包括新建、打开、保存、另存为和

退出,图形可以选择保存为指定格式的文件或者 Access数据库两种形式。本软件在“工程”菜单中引用了“Microsoft Scripting Runtime”之后,通过 File-SystemObject类型的对象变量来自动创建、打开、读写与删除文件。在引用对象库“Microsoft ActiveX Data Objects 2.5 Library”和“Microsoft ADO Ext 2.1 For DDL Security”之后,通过 ADO 相关类型的对象变量实现了自动创建、打开、读写与删除数据库和数据表。

4 结论

面向对象编程技术的优越性与类的应用有着极其密切的关系。本文充分利用 VB 中的面向对象技术和类的功能提出了开发交互式电力系统绘图工具的一种方法:从电力系统图的特点和各种元件的共性中抽象出一个基类,并以此基类作为框架来实现代表各种具体元件的派生类;通过创建适当数量的逻辑多态开关并在事件响应过程中用这些逻辑多态开关来控制操作,实现了用户与程序之间的很好的交互。

基于上述方法编写出了相应的软件,本软件也集成到了相量测量与数据采集系统的上位机应用程序中,为该应用程序显示被测量和模拟的电力系统的拓扑结构,并在图上实时显示和模拟该电力系统

的运行情况。

参考文献:

- [1] 曾祥辉,等.面向对象的电力图形系统的分析和研究[J].继电器,2004,32(5):36-39.
ZENG Xiang-hui, et al. Object-oriented Analysis and Design of Graphic System of Power System [J]. Relay, 2004, 32(5): 36-39.
- [2] 徐晓慧.利用 Visual Basic 开发电力系统图形监控程序[J].电力系统自动化,1999,23(12):47-49.
XU Xiao-hui. Graphic Monitoring Program for Power System Developed by Use of Visual Basic [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(12): 47-49.
- [3] 苏金明.用 Visual Basic 开发交互式 CAD 系统 [M]. 北京:电子工业出版社,2003.
SU Jin-ming. Developing CAD Interactive System with Visual Basic [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.

收稿日期: 2004-06-14

作者简介:

杨志敏(1976-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制; E-mail: yzm_yokoko@sohu.com

王克英(1963-),男,教授,主要研究方向为微型计算机在电力系统测量和控制中的应用。

A method of developing interactive power system drawing software and its realization

YANG Zhi-min, WANG Ke-ying

(Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: As a rapid application programming language, Visual Basic is used by many electric power researchers. Power system applications with network schematic drawing are user-friendly, but developing drawing software with VB is more difficult than those with other programming languages. This paper presents an object-oriented method for developing interactive power system drawing software. By employing the method, a drawing program is developed and applied to a phasor measurement system to show the topological structure and operational conditions of the monitored power system.

Key words: Visual Basic; class; power system; drawing

(上接第 50 页 continued from page 50)

Online power quality monitoring based on parallel data processing structure

JIANG Chuan, YANG Hong-geng

(School of Electricity and Electronic Information, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The implementation of online power quality monitoring system based on the parallel data processing structure of field programmable gate array (FPGA) and digital signal processor (DSP) is proposed. The signal time sequences of system are synchronously generated by FPGA. Considering the characteristics of FPGA and DSP in the digital signal processing applications, a 16 bit floating-point FFT module for harmonic analyzing is designed using FPGA, and computations for other power quality analysis such as voltage fluctuation and flicker measurement are performed by DSP. Based on the proposed structure, seamless sampling and data analysis of multi-input circuit can be achieved.

Key words: power quality; FPGA; digital signal processing; parallel processing