

# 基于 Matlab 与 VB 数据交换的继电保护仿真

韩 笑<sup>1</sup>, 徐 曦<sup>2</sup>, 陈卓平<sup>3</sup>

(1. 南京工程学院 电力工程系, 江苏 南京 210013; 2. 芜湖供电公司, 安徽 芜湖 241027;

3. 广东粤电靖海发电有限公司, 广东 广州 510630)

**摘要:** 结合实际输电线路模型, 介绍了利用 Matlab 与 VB 的数据交换技术进行继电保护仿真的方法。利用 Matlab 建立了 220 kV 输电线路、零序电流保护及单相重合闸装置等仿真模型, 利用 VB 建立了仿真命令按钮及显示界面。采用 ActiveX 技术, 通过从 VB 传递仿真命令给 Matlab 的方法, 分别进行了输电线路发生永久性及瞬时性接地故障的仿真, 获得了三相仿真电压、电流波形及保护动作波形, 并借助动态数据交换 DDE(Dynamic Data Exchange)技术在 VB 界面显示仿真波形。结果表明: 利用 ActiveX 技术及 DDE 技术可实现 Matlab 与 VB 的无缝链接, 便于继电保护仿真软件开发与使用。

**关键词:** Matlab; VB; 继电保护; 数据交换; 链接

**中图分类号:** TM 77; TM 743

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-6047(2006)05-0092-04

VB 语言是 Windows 下简单、易学、高效的可视化软件平台。然而, 用 VB 语言实现复杂的算法工作量十分庞大。Matlab 是 MathWorks 公司推出的一套高性能的数值计算和可视化软件。Matlab 6.5 中包含有 Simulink 及功能强大的仿真电力系统 SPS(SimPower Systems)模块库, 含有电工学科中常用的基本元件和系统的仿真模型, 建模只需点击和拖拉即可完成。利用 Matlab 进行继电保护原理及装置的计算机仿真是当今高校及科研机构学习研究新型保护装置的重要手段之一, 但限于 Matlab 软件自身局限, 利用电力系统模块集所搭建的继电保护仿真模型不能脱离 Matlab 集成环境工作, 因此给仿真研究及计算机辅助教学带来不便<sup>[1-2]</sup>。如将 Matlab 与 VB 的优势结合起来, 取长补短, 进行无缝链接可使编程更快捷、更专业、更灵活。本文结合零序电流保护及单相重合闸装置的继电保护仿真模型与 VB 进行接口的实例说明继电保护模型的搭建方法以及将其与 VB 进行接口的具体步骤及方法。

## 1 借助 ActiveX 技术的 Matlab 与 VB 数据交换

Matlab 与 VB 的集成方法有多种<sup>[3-8]</sup>, 本文重点介绍 VB 6.0 与 Matlab 6.5 借助 ActiveX 技术进行数据交换的一种方法。Matlab 6.5 实现 ActiveX 自动化服务支持, 在 VB 6.0 下通过 Matlab 自动化连接可将 Matlab 作为 VB 一个 ActiveX 部件调用。Matlab 6.5 支持 ActiveX Automation 服务器端协议, 因此若已建立一个 VB 应用程序与 Matlab 6.5 之间的 ActiveX Automation 连接, 则在该 VB 程序中就可调用 Matlab 命令, 向 Matlab 传送或接收数据<sup>[7-8]</sup>。

在 VB 程序中创建 ActiveX 对象的具体步骤为

Dim Matlab As Object

Dim Result As String

Set Matlab = CreateObject("Matlab.Application")

在 VB 应用程序中创建了 ActiveX 对象后, 就可以使用 ActiveX 对象中所包含的方法实现对 Matlab 的调用。ActiveX Automation, 对象中含有 5 个方法。

a. Execute: 执行 Matlab 命令。

b. PutFullMatrix: 将 VB 应用程序中一个数组的数值赋值给 CommandWindows 中的一个矩阵变量。

c. GetFullMatrix: 将 Matlab 中的一个矩阵变量的值传送到 VB 应用程序的一个数组中。

d. MinimizeCommandWindows: 使 Matlab 窗口最小化。

e. MaximizeCommandWindows: 使 CommandWindows 窗口最大化。

应用上述方法可在 VB 应用程序中实现所有 Matlab 的功能。

## 2 仿真模型及界面的建立

Matlab 与 VB 数据交换技术在本实例中的具体实现方法是: 采用 ActiveX 技术从 VB 中传递仿真命令给 Matlab 执行, 再借助动态数据交换 DDE(Dynamic Data Exchange)技术绘制出不同情况下的仿真波形<sup>[9-10]</sup>。首先, 利用 Simulink 及 SPS 模块库, 构建一简单 220 kV 单侧电源供电系统的模型及零序电流保护及单相重合闸装置仿真模型。通过系统模型可方便地进行不同接地电阻及电弧情况下的故障及保护动作行为的模拟。模型如图 1 所示, 仿真起止时间为 0~0.5 s, 采样频率  $f_s$  为 10 kHz, 采用变步长, ode15s 算法进行仿真。图中各模块来自 SPS 与 Simulink 库, 值得指出的是: 所有模块的额定频率设置为 50 Hz; 系统采用三相电源模块; 线路采用分

布参数线路模块;负荷采用三相串联  $RLC$  负载模块;三相断路器模块初始状态为合闸,短路阻抗可自定,并选中“由外部信号控制断路器的合、分时间”选项;测量元件采用三相电压-电流测量器模块,其使用标签名为B 23\_Vabc 及 B 23\_Iabc;故障设置模块如模拟永久性故障(另存模型名为“PowerSystem1”),则设故障演变形式为“[1]”,并设定故障起始时间为 0.05 s;如模拟瞬时性故障(另存模型名为“PowerSystem 2”),则设故障演变形式为“[1,0]”,并设定故障起始为 0.05 s 及终止时间为 0.08 s。测量元件所测三相电压、电流(标签名为“B23\_Uabc”,“B23\_Iabc”)及保护重合闸子系统输出的保护动作信号“OP”(即对断路器的外部控制信号)都进入 Matlab 的工作空间,可与 VB 进行交互。

图 1 中“保护及重合闸子系统”内部结构如图 2 所示,可分为 6 个模块。

- a. 测量模块:万用表模块采集流过图 1 中线路首端断路器模块的三相电流,然后通过分路器模块、加法器 1 将三相电流采样值相加,从而得到 3 倍的零序电流采样值。
- b. 保护逻辑模块:该模块主要由离散傅里叶变换模块、继电器、延迟模块 1(本例设置延时值为 0.05 s)组成,主要功能是将经傅里叶变换后的零序电流幅值与定值相比较,一旦大于定值,才经延时输出为 0。
- c. 保护出口模块:该模块的主要功能是将保护模块的动作行为保持,由图可见,如保护模块中延迟

模块的输出为 0,则经非门再与常量 1 的值(取-0.5)相加后,使能子系统 1 模块使能端输出为 1。保护出口模块输出为 0。

d. 重合闸模块:该模块主要功能是在第 1 次判断线路发生故障跳闸后,经过一段时间实现断路器重合闸。延迟模块 2 设定延时值 0.3 s 即为整定延时。如保护模块输出为 0,则经整定延时后,重合闸使能出口模块输出为 1。

e. 后加速模块:该模块主要功能是判断断路器重合后故障是否存在。如故障依然存在,则发出跳闸命令并不再重合。如故障解除,则保持合闸状态;后加速模块的逻辑功能基本等同于保护模块与保护出口模块的功能合成,不同的是后加速模块是在重合闸后启动的,另外,该模块要实现加速跳闸的功能,延迟模块 3 设定延时值 0.01 s。

f. 执行模块:该模块将保护出口模块、重合闸模块、后加速部分的输出波形相叠加,最终形成正确的断路器控制波形,与图 1 所示的仿真模型相连。

值得指出的是,使能子系统 1 中的输入模块用脉冲模块代替,并更改脉冲模块中的 step time 设为 0;在使能子系统 2 和 4 中的输入模块用常量替换,设置为 1。在使能子系统 3 中的输入模块与输出模块之间要加入傅里叶变换模块和继电器模块,以实现判别重合后零序电流大小的功能。

仿真界面由 VB 中的 1 个图片框(PictureBox), 1 个框架(frame)、2 个 Option 按钮和 2 个 Command

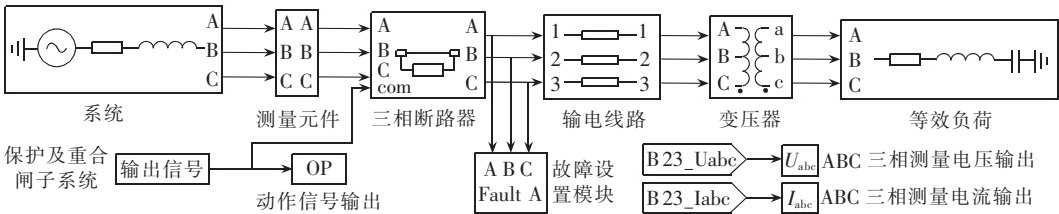


图 1 简单电力系统及保护模型  
Fig.1 Simple model of power system and protection

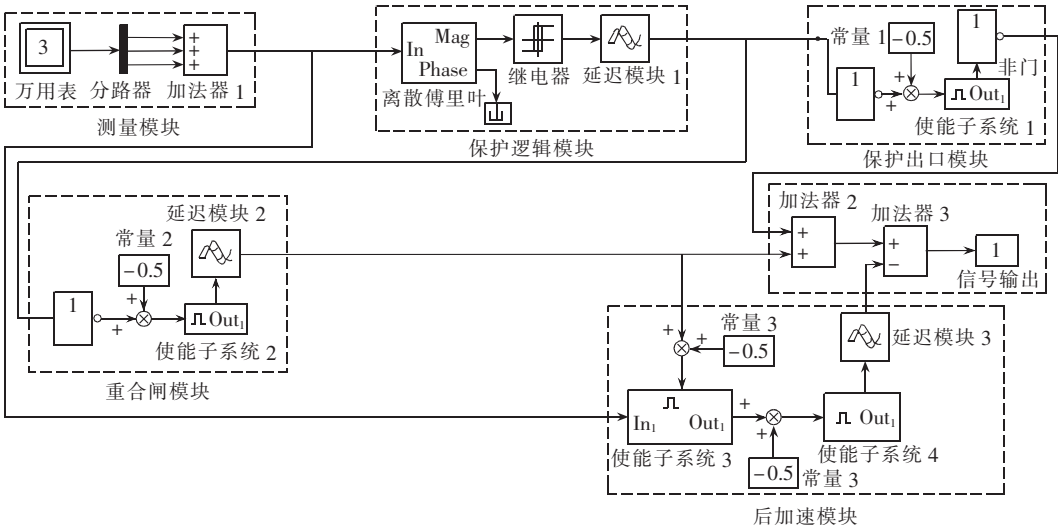


图 2 保护及重合闸子系统  
Fig.2 The protection and auto re-closer subsystem

按钮组成。PictureBox 显示系统仿真图形,Command 1 为执行键,Command 2 为系统退出键。Option 按钮组提供用户选择需要观察的发生各种故障类型过程电流、电压的波形变化。其中,Option1 进行 A 相永久性接地故障的仿真,Option2 进行 A 相瞬时性接地故障的仿真。限于篇幅,不再给出界面图。

3 程序设计及仿真结果

3.1 程序流程图

仿真程序流程图如图 3 所示。

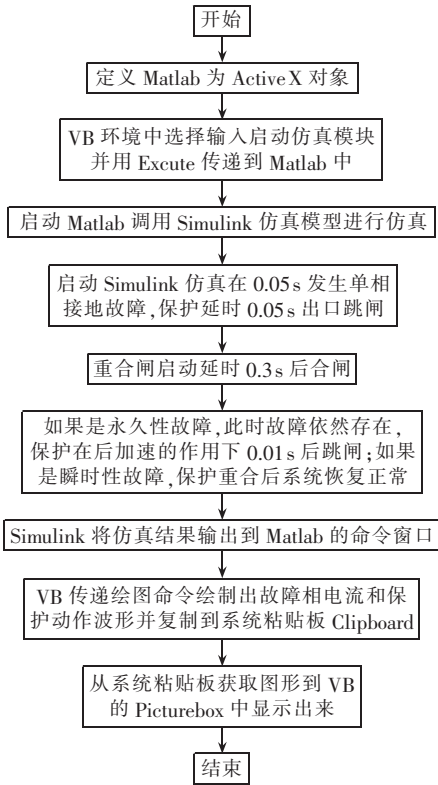


图 3 仿真程序流程图

Fig.3 The flowchart of simulation program

3.2 程序代码

```
在 Command1 的双击事件中加入下面代码:
Dim Matlab As Object'创建 ActiveX 对象
Dim result As String'定义变量为 string
Set Matlab = CreateObject("Matlab.Application")
Select Case True'选择运行 Simulink 仿真模块
Case Option1.Value
    result = Matlab.execute("sim('PowerSystem1')")
单相永久性接地故障仿真模型
Case Option2.Value
    result = Matlab.execute("sim('PowerSystem2')")
单相瞬时性接地故障仿真模型
End Select
Matlab.execute
("figure(1);subplot(2,1,1);plot(Iabc(:,1));axis
([0,5000,-150000,150000]);title('A 相电流');sub-
plot(2,1,2);plot(operation);axis([0,5000,-0.1,1.1]);
title('保护动作情况');print-dmeta")'绘制 A 相电流
```

及断路器动作行为(合闸、分闸)的图形并粘贴到系统的粘贴板

Picture1.Picture = Clipboard.GetData'从系统的粘贴板上获取图形

3.3 仿真结果

如果要观察线路发生永久性单相接地故障,只要选择 Option1,然后按下仿真按钮,就可得到 A 相电流“ $I_a$ ”及保护动作信号“OP”的仿真波形如图 4 所示( $n$  为采样点数,图 5 同)。根据设定,在 0.05 s 时线路发生接地故障,继电器经整定延时 0.05 s 动作,因此,在 0.1 s 时刻(即在图中第 1000 个采样点处)由保护及重合闸子系统向断路器发出 0,使断路器跳闸,跳闸后经 0.3 s(即在图中第 4000 个采样点处),保护及重合闸子系统向断路器发出 1,使断路器跳合闸,由于此时故障仍存在,由后加速模块经 0.01 s 发跳闸命令。保护及重合闸子系统再次向断路器发出 0,从而实现了重合后加速跳闸。同理,也可仿真线路的瞬时性单相接地故障,其仿真波形如图 5 所示,与图 4 不同的是,在图 5 中第 4000 个采样点之后,保护不再发出跳闸命令。

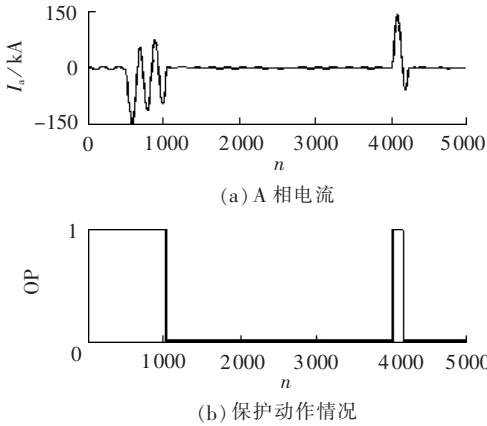


图 4 单相永久性接地故障仿真波形

Fig.4 The simulative waveform of permanent single phase to ground fault

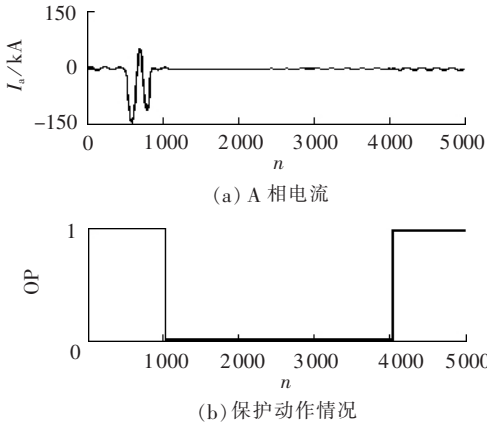


图 5 单相瞬时性接地故障仿真波形

Fig.5 The simulative waveform of instant single phase to ground fault

4 结语

采用 SPS 可以建立多种多样的电力系统及其

继电保护仿真模型,利用 Matlab 强大的计算功能与 VB 在图形用户界面开发方面的优势进行混合编程,能相互取长补短,实现快速开发工程软件,这样既节约宝贵的开发时间和精力,又能提高软件的整体性能,从而满足继电保护仿真研究的需要。

#### 参考文献:

- [1] 卢秋蓝. VB 与 Matlab 混合编程的研究[J]. 计算机仿真,2003,20(12):115-117.  
LU Qiu-lan. Study in hybrid programming between VB and Matlab[J]. **Computer Simulation**, 2003, 20(12): 115-117.
- [2] 高熾,高光敏,张维俊. Matlab 与可视化的电力系统分析软件包[J]. 长春工程学院学报:自然科学版,2003,4(1):8-10.  
GAO Yan, GAO Guang-min, ZHANG Wei-jun. Matlab and visual software package used for power system analysis[J]. **Journal of Changchun Institute of Technology: Natural Science Edition**, 2003, 4(1): 8-10.
- [3] 姚晖,汪明磊. Visual Basic 与 Matlab 的接口技术[J]. 江南大学学报:自然科学版,2003,2(3):263-278.  
YAO Hui, WANG Ming-lei. Interfacing techniques between Visual Basic and Matlab[J]. **Journal of Southern Yangtze University: Natural Science Edition**, 2003, 2(3): 263-278.
- [4] 樊金荣,黎洪生. 浅谈 VB 与 Matlab 相结合的三种方法[J]. 微型电脑应用,2003,19(4):60-62.  
FAN Jin-rong, LI Hong-sheng. Three methods of combining VB and Matlab[J]. **Microcomputer Applications**, 2003, 19(4): 60-62.
- [5] 陈耀东. VB 应用程序与 Matlab 接口技术的实现[J]. 新余高专学报,2004,9(2):11-13.  
CHEN Yao-dong. The application process of VB and the realization of Matlab interface technology[J]. **Journal of Xinyu College**, 2004, 9(2): 11-13.
- [6] 岳玉芳,尤忠生,张玉双. 基于 COM 的 VB 与 Matlab 混合编程[J]. 计算机工程与设计,2005,26(1):61-65.  
YUE Yu-fang, YOU Zhong-sheng, ZHANG Yu-shuang. Hybrid programming with VB and Matlab based on COM[J]. **Computer Engineering and Design**, 2005, 26(1):

61-65.

- [7] 张宏立,李喆. 基于 ActiveX 机制的 VB 与 Matlab 数据交换[J]. 新疆大学学报:自然科学版,2004,21(2):191-193.  
ZHANG Hong-li, LI Zhe. Data exchange between VB and Matlab based on ActiveX principle[J]. **Journal of Xinjiang University: Natural Science Edition**, 2004, 21(2): 191-193.
- [8] 张宏立,陈华,李喆. 实现 VB 与 Matlab 数据交换的新方法[J]. 计算机应用与软件,2004,21(12):51-53,98.  
ZHANG Hong-li, CHEN Hua, LI Zhe. A new method of realization of data exchange between VB and Matlab[J]. **Computer Applications and Software**, 2004, 21(12): 51-53, 98.
- [9] 黎洪生,龚容,陈雷. Matlab 与 VB 的无缝集成在电力系统仿真中的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(10):46-47.  
LI Hong-sheng, GONG Rong, CHEN Lei. Application of Matlab & VB seamless integration in power system simulation[J]. **Electric Power Automation Equipment**, 2004, 24(10): 46-47.
- [10] 黎洪生,龚容,陈雷. 基于 Matlab 与 VB 混合编程的电力系统仿真设计[J]. 电力科学与工程,2004(3):44-46.  
LI Hong-sheng, GONG Rong, CHEN Lei. Simulation and design of power system based on merging programming of Matlab and VB[J]. **Electric Power Science and Engineering**, 2004(3): 44-46.

(责任编辑:李玲)

#### 作者简介:

韩笑(1969-),男,江苏扬州人,副教授,从事电力系统继电保护、电力系统仿真的教学与研究工作(E-mail:hxslqc@sina.com);

徐曦(1967-),男,安徽芜湖人,工程师,研究方向为电力系统自动化及安全运行;

陈卓平(1981-),男,广东普宁人,从事电力系统继电保护的现场工作。



韩笑

## Protection simulation based on data exchange between Matlab and VB

HAN Xiao<sup>1</sup>, XU Xi<sup>2</sup>, CHEN Zhuo-ping<sup>3</sup>

(1. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 210013, China;

2. Wuhu Power Supply Company, Wuhu 241027, China;

3. Guangdong Yuedian Jinghai Power Generation Co., Ltd., Guangzhou 510630, China)

**Abstract:** A method based on data exchange between VB and Matlab is presented for protection simulation through an actual simulation model of power transmission system. Models of 220kV transmission line power system, zero sequence current protection and a single-phase auto re-closer device are built with Matlab, while the command buttons and interface are developed with VB. Using ActiveX technology, the commands are passed from VB to Matlab to simulate the permanent single phase to ground fault and instant single phase to ground fault. Three-phase voltage and current waveforms and the protection operation waveform are achieved and displayed on VB interface through the DDE (Dynamic Data Exchange) technology. Results indicate that by means of the ActiveX technology and DDE technology, Matlab and VB can be seamlessly integrated to develop and use protection simulation software.

**Key words:** Matlab; VB; protection; data exchange; integrate