

基于 LabVIEW 的微机距离保护仿真

白延丽¹, 杨晓萍², 梁振锋²

(1. 西安电力高等专科学校 计算机工程系, 陕西 西安 710032; 2. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

摘要:提出了用虚拟仪器仿真研究微机保护动作性能的新方案。采用虚拟仪器(LabVIEW)的图形化的设计语言建立微机保护模块库。通过 LabVIEW 和 MATLAB 混合编程的思想建立启动模块、算法模块、逻辑处理基本模块等,利用 LabVIEW 特有的控件实现微机保护的逻辑关系,借助 LabVIEW 的模板操作功能建立仿真系统。现场实验表明,此方案符合现场实际动作情况,具有操作方便,直观、可视的优点,可以对各种类型的微机保护进行仿真,可用于继电保护误动或拒动后的事故分析。设计的仿真系统已用于教学实验和人员培训中。

关键词:微机保护;电力系统;虚拟仪器;仿真系统

DOI:10.3969/j.issn.1009-3516.2010.02.014

中图分类号: TM743; TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2010)02-0062-05

微机保护在电力系统中得到了广泛应用。由于微机保护的功能是由软件实现的,用户无法直观地对保护内部进行观测。因此微机保护的内部逻辑和各个元件的情况对用户来说是未知的,保护装置对用户来说相当于一个“黑匣子”,用户很难对保护的動作行为进行分析和研究^[1]。然而由于电力系统自身的特点,在对工作人员的培训过程中,既不能对运行着的系统或设备进行实际操作试验,也不允许人为地设置故障让学员观察处理,这使得学员难以在培训中得到充分锻炼。因此,建立一个与实际工作过程相似的微机保护仿真系统是十分必要的。

为了适应微机保护培训的需要,许多专家学者进行了大量的研究工作。文献[2-4]以 Visual C++ 6.0 为开发工具,采用面向对象的编程思想,建立功能模块,实现微机保护数字仿真。该软件能够实现对微机保护装置动态性能的校验,能够分析保护装置的软件特性。但是建立仿真系统的整个过程较复杂。文献[5-7]提出了 2 种微机保护装置的物理模拟仿真方案。这些方案是在微处理器的基础上实现的,具有逼真性,可以让学生对微机保护的硬件构成有所掌握和了解,但是不灵活,仅仅能够实现有限的保护功能,而且保护的内部逻辑和工作过程依然不可视。

本文基于 LabVIEW 的模块化思想,模拟微机保护装置的各个功能模块,建立了一套基于时序的仿真系统。仿真用的故障数据采用现场保护装置的故障录波数据。本文所建立的仿真系统不仅考虑了保护的各个模块的動作逻辑关系,而且考虑了微机保护的算法特征。

1 微机保护仿真系统应满足的要求

微机保护仿真应着重考虑功能性仿真即反映各种继电保护的作用和各种继电保护的配置关系,保护对各种故障的反映、保护的配合,保护的正确動作顺序和结果,以及保护误动或拒动产生的后果等^[8-10]。与实际系统相比,微机保护仿真系统又具有自己的一些特点,如对实时性要求不高,要求仿真界面和操作方式尽

* 收稿日期:2009-09-17

基金项目:陕西省教育厅 2007 年科学研究计划资助项目(07JK338)

作者简介:白延丽(1962-),女,陕西延安人,副教授,主要从事计算机应用开发及电力系统计算机仿真研究。

E-mail: baiyanli@263.net

量简单可行。微机保护仿真系统应满足以下要求:①灵活性。仿真系统应能对不同类微保的仿真,能够灵活修改采样频率,选择不同的算法和动作逻辑,方便地整定;②可视性。微机保护仿真系统应能将保护的内部动作过程及相应的电气量(包括采样值和中间运算结果等信息)显示出来,为学员的分析和理解提供帮助;③可控性。学员可以根据培训和学习的需要,控制仿真系统的动作过程;④逼真性。微机保护的仿真系统的定值设定方法、动作过程及结果显示应该和实际装置一致。以便让学员更容易理解和掌握整个微机保护动作过程。

2 基于 LabVIEW 的微机距离保护仿真

2.1 基本原理

本文利用 LabVIEW 来实现微机保护仿真。首先利用模块化的设计思想,把微机保护模型分解,将其中的“重复模块”抽出,进行简化,归并成为一种或几种典型的功能单元。然后把典型单元从保护中分离出来,使之成为通用模块。这些通用模块包括:启动模块、算法模块、阻抗继电器模块、逻辑处理模块(故障选相、出口信号)等。把这些通用模块以 VI 子程序的形式置入 LabVIEW 建立的仿真模块库中。进行保护仿真时,从模块库中选择。通过 LabVIEW 特有的模板操作将这些 VI 子程序进行必要的连接和逻辑处理,构成不同原理保护的仿真^[11]。

通用的保护仿真模块提高了软件的灵活性,允许学员自己定义和改变模块的内容,可以满足不同保护性能的仿真要求。

2.2 微机距离保护仿真系统的构成及实现方法

本文以输电线路距离保护为例建立仿真系统,构成见图 1。

2.3 启动模块的实现

距离保护装置中的启动元件主要任务是当输电线路发生短路故障时启动保护进入故障计算程序,通常选用突变电流启动元件^[1],即:

$$\Delta i_k = i_k - i_{k-N} \quad (1)$$

式中: Δi_k 为突变电流; i_k 为采样值; k 为采样时刻; N 为每基频周期采样点数。

本文通过对输入数组元素的索引,提取电流数组的 2 个采样点,分别是 k 和 $k - N$,将其置于 while 循环框体中间,输出为与定值比较之后生成的布尔型量 true/false,来判断是否有故障发生。若有故障则嵌套于另一个 while 循环,完成故障处理程序。

2.4 算法模块

启动元件动作之后,进入故障处理程序。在故障处理程序中首先要进行阻抗计算,即完成算法模块。首先用图标连接线把数组数据输入到算法模块端口。通用模块库中算法模块包括了保护的各种基本算法,可根据仿真的需要改变算法程序。在微机距离保护中常用的阻抗计算方法有 2 种,即傅氏算法和解微分方程算法。

1) 傅氏算法首先通过式(2)计算得到电流、电压的实部和虚部,然后通过式(3)计算阻抗。

$$\begin{cases} a_1 = \frac{1}{N} \left[2 \sum_{k=1}^{N-1} x_k \sin \left(k \frac{2\pi}{N} \right) \right] \\ b_1 = \frac{1}{N} \left[x_0 + 2 \sum_{k=1}^{N-1} x_k \cos \left(k \frac{2\pi}{N} \right) + x_N \right] \end{cases} \quad (2)$$

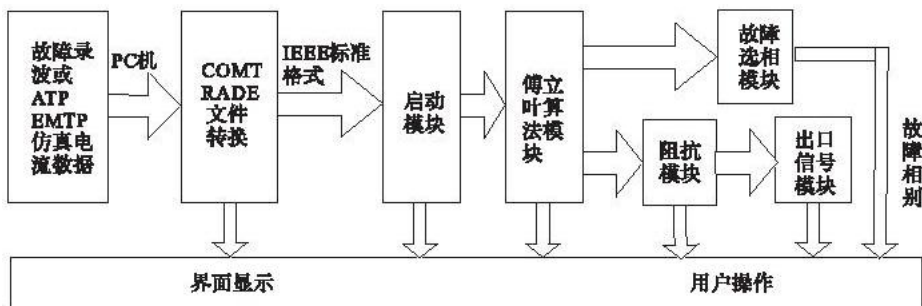


图 1 微机距离保护仿真流程图

Fig. 1 Flow chart of microcomputer-based distance protection

$$Z = \frac{u_2 i_2 + u_1 i_1}{i_1^2 + i_2^2} + j \frac{u_1 i_2 - u_2 i_1}{i_1^2 + i_2^2} \quad (3)$$

式中: x_k 为采样值; a_1 为相量的实部; b_1 为相量的虚部; u_1 、 u_2 和 i_1 、 i_2 分别为电压和电流的实部、虚部; Z 为计算得到的阻抗。

2) 解微分方程算法。首先滤除高频分量, 然后求解式(4)得到与故障距离相关的电阻 R 和电感 L 。

$$\begin{cases} u(t_1) = Ri(t_1) + L \frac{di(t_1)}{dt} \\ u(t_2) = Ri(t_2) + L \frac{di(t_2)}{dt} \end{cases} \quad (4)$$

式中, $u(t_1)$ 、 $u(t_2)$ 和 $i(t_1)$ 、 $i(t_2)$ 分别为 t_1 、 t_2 时刻电压和电流的采样值。

本文建立反应这 2 种方法的算法模块。图 2 所示为傅氏算法的实现方法, 图中将 FFT 算法程序输入到 LabVIEW 的数学脚本 (MATLAB Script) 中形成算法模块。

2.5 选相模块

在微机距离保护中通常采用相电流差选相元件和对称分量选相元件相配合的方法实现选相^[1]。以相电流差选相元件为例。把 3 相电流的有效值分别送到故障选相模块。将故障选相的 MATLAB 程序, 通过外部应用接口 MATALB Script 输入到 LabVIEW 中建立故障选相模块, 利用数组和图表连接线实现数据的输入和输出。故障选相模块的输出为故障类型及相别, 选相模块的后面板见图 3。

2.6 阻抗测量模块

阻抗测量元件是距离保护的核心元件^[1], 本文采用准四边形特性, 见图 4, Z_{set} 为整定阻抗。准四边形特性被广泛应用于微机距离保护中。

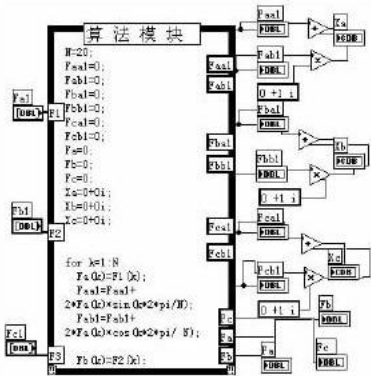


图 2 算法模块的后面板

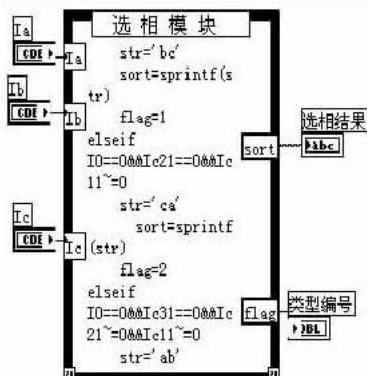


图 3 故障选相模块的后面板

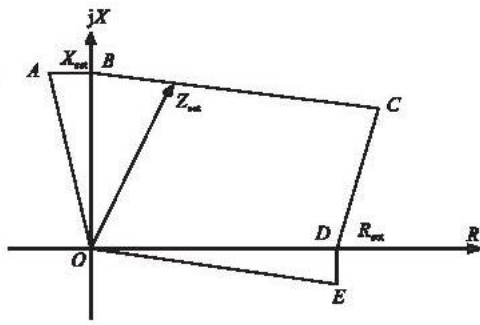


图 4 准四边形动作特性

Fig. 2 Back panel of algorithm module

Fig. 3 Back panel of fault select module

Fig. 4 Quadrangle characteristic

本文建立的阻抗测量元件的后面板见图 5。该模块输入为选相模块的选相结果和算法模块的计算结果。输出为区段比较结果。根据选相结果来判断是选用接地阻抗元件还是相间阻抗元件。当发生单相接地短路故障时, 选用接地阻抗元件, 在计算时需要引入零序电流补偿系数 (整定值之一); 当发生相间短路故障时, 选用相间阻抗元件。

2.7 动作逻辑的实现

建立各个功能模块后, 利用 LabVIEW 的连接线将各个模块根据微机保护的逻辑关系及动作时序进行连接, 见图 6。

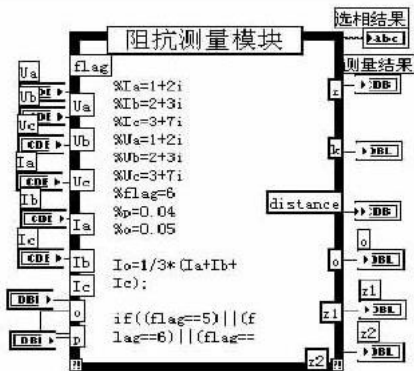


图 5 阻抗测量模块的后面板

Fig. 5 Back panel of impedance Measurement module

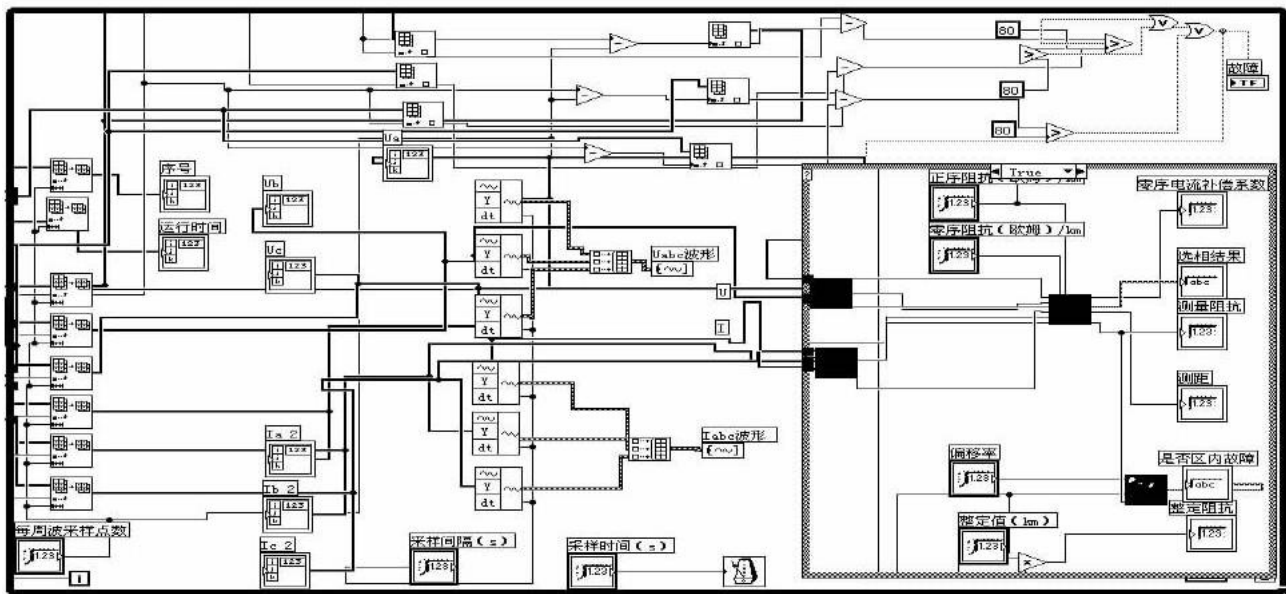


图 6 微机距离保护仿真系统的后面板

Fig. 6 Back panel of simulation for microcomputer distance protection

3 实例应用

本文将西安南郊 330 kV 变电站现场的故障录波数据转换成 COMTRADE 数据格式,进行了微机距离保护动作过程的仿真。其中利用 path 控件将数据文件导入 LabVIEW 中。仿真结果见图 7,由图 7 仿真界面可知是区内 AB 相接地故障,故障点距离为 29.96 km,测量阻抗为 $-57.16 + j11.98$ 。该结果与现场保护的動作结果相符。

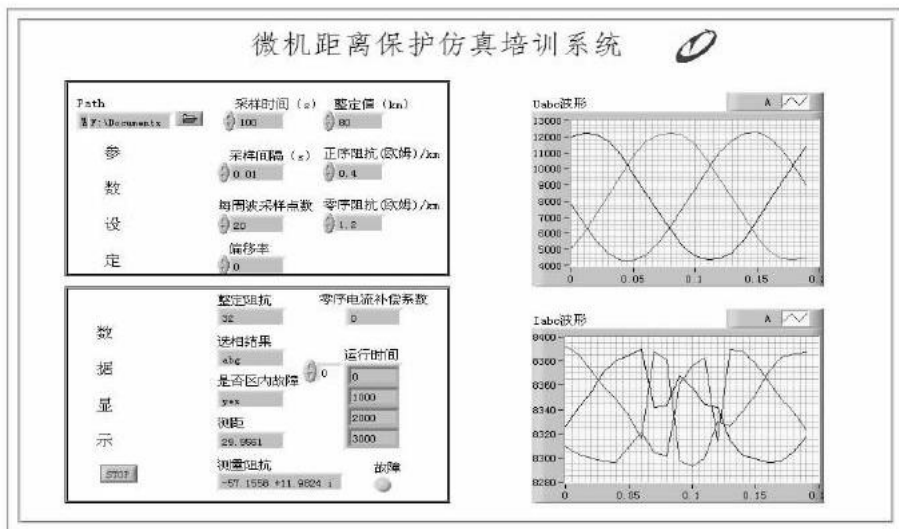


图 7 微机距离保护仿真的主界面

Fig. 7 Main interface of simulation for microcomputer distance protection

4 结束语

本文通过 LabVIEW 建立了一套微机距离保护仿真系统。该系统首先建立距离保护各个功能模块,然后通过连接线连接实现距离保护的動作逻辑。实验教学和対现场工作人员的培训表明:该方法经济、灵活、使用方便,满足教学实验和现场工作人员培训的基本要求。

参考文献:

[1] 杨奇逊,黄少峰. 微型机继电保护基础[M]. 北京:中国电力出版社,2007.
 YANG Qixun, HUANG Shaofeng. Protection Relaying Based Microprocessor [M]. Beijing: Publishing House of China Electric Power, 2007. (in Chinese)

[2] 李志兴,蔡泽祥,许志华. 继电保护装置動作逻辑的数字仿真系统[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(14): 97 - 101.
 LI Zhixing, CAI Zexiang, XU Zhihua. Digital Simulation System of Relay Protection Movement Logic[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(14): 97 - 101. (in Chinese)

- [3] 杨晓军,沈勇环,郭征,等. 开放式的继电保护动态特性仿真系统[J]. 电力系统及其自动化学报, 2003, 15(6): 1-4.
YANG Xiaojun, SHEN Yonghuan, GUO Zheng, et al. Opening Simulating System of Dynamic Characteristics of Relay Protection[J]. Proceedings of the EPSA, 2003, 15(6): 1-4. (in Chinese)
- [4] 詹少伟,蔡泽祥,刘德志,等. 数字式距离保护仿真软件的开发[J]. 电网技术, 2006, 30(3): 89-93.
ZHAN Shaowei, CAI Zexiang, LIU Dezhi, et al. Exploitation on Simulation Software for Digital Distance Protection[J]. Power System Technology, 2006, 30(3): 89-93. (in Chinese)
- [5] 李刚,王翠霞,温渤婴. 一种新型微机继电保护实验装置的研制[J]. 继电器, 2005, 33(22): 16-20.
LI Gang, WANG Cuixia, WEN Boying. Research and Development of A New Experimental Device for Digital Relaying Protection[J]. Relay, 2005, 33(22): 16-20. (in Chinese)
- [6] 魏宜华,焦彦军,张新国,等. 通用继电保护微机型实验装置的设计[J]. 电力系统及其自动化学报, 2005, 17(3): 95-98.
WEI Yihua, JIAO Yanjun, ZHANG Xinguo, et al. Design of General Microprocessor-based Experiment Apparatus for Relay Protection[J]. Proceedings of the EPSA, 2005, 17(3): 95-98. (in Chinese)
- [7] 焦彦军,张新国,王增平,等. 电力系统继电保护通用仿真分析系统的方案设计[J]. 电力系统及其自动化学报, 2001, 13(2): 44-47.
JIAO Yanjun, ZHANG Xinguo, WANG Zengping, et al. A Solution of Common Simulation Analyzing System in Protection of Electric Power System[J]. Proceedings of the EPSA, 2001, 13(2): 44-47. (in Chinese)
- [8] 郭征,贺家李,杨洪平,等. 电力系统故障时继电保护装置动态特性的数字仿真[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(11): 38-40.
GUO Zheng, HE Jiali, YANG Hongping, et al. Digital Simulation of Dynamic Performance of Protective Relaying Devices during Faults[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(11): 38-40. (in Chinese)
- [9] 张沛云. 继电保护的模拟试验[J]. 电气应用, 2006, 25(7): 65-67.
ZHANG Peiyun. Simulation Testing of Relay Protection[J]. Electro Technical Application, 2006, 25(7): 65-67. (in Chinese)
- [10] 杨丽勤,杨晓萍,梁振锋,等. 基于EMTP和MATLAB的继电保护仿真系统[J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(11): 33-36. (in Chinese)
YANG Liqin, YANG Xiaoping, LIANG Zhenfeng, et al. The Simulation of Protective Relaying Based on EMTP and MATLAB [J]. Power System and Clean Energy, 2009, 25(11): 33-36. (in Chinese)
- [11] 艾欣,杨以涵,周孝信. 虚拟仪器技术及其在电力系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(8): 54-57.
AI Xin, YANG Yihan, ZHOU Xiaoxin. Virtual Instrument Technology and Its Application to Power System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(8): 54-57. (in Chinese)

(编辑:田新华)

Research of Micro-computer Distance Protection Simulation Based on LabVIEW

BAI Yan-li¹, YANG Xiao-ping², LIANG Zhen-feng²

(1. Department of Computer, Xi'an Electric Power College, Xi'an 710032, China; ;2. Institute of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: A novel project of simulation for distance protection is presented in this paper. The simulation module library in the simulator system of microcomputer protection is established by adopting the Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW) and MATLAB program, the common modules include boot module, algorithm module and logic processing module etc. The operation logic of microcomputer protection is implemented by LabVIEW. Spot experiments show that this idea suffices for types of relay protection simulation. The method has such advantages as convenient operation, clearly and directly observable. And it can be implemented in teaching, training and be used for ascertaining the cause of the maloperation or misoperation of protective relaying in troubles.

Key word: microcomputer protection; power system; virtual instrument; simulation system