

地区电网继电保护仿真智能系统

钱 军¹,冯林桥¹,张文涛²,徐 民¹

(1. 湖南大学 电气与信息工程学院,湖南 长沙 410082;

2. 宜都市供电公司,湖北 宜都 433000)

摘要: 针对当前继电保护整定计算与分析软件存在的不足,建立了一套供继电保护工作人员交互进行电网故障分析与继电保护整定、仿真的智能系统。该系统以数据库为核心,运用先进的可视化编程技术、面向对象技术、计算机图形处理技术和模块化思想,通过地区电网继电保护与短路计算一体化,图形、数据及动作仿真关联一体化的建立,实现了地区电网继电保护整定与智能仿真相结合的综合设计。该系统的使用提高了继电保护整定值的可信度,保证继电保护装置满足选择性、速动性、可靠性和安全性的要求。

关键词: 继电保护; 可视化; 面向对象; 保护仿真

中图分类号: TM 77;TM 743 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2007)04-0111-04

0 引言

目前的继电保护整定计算存在与一次和二次接线图脱节的问题,计算结果也只能满足定值单的简单文档管理。另一方面,继电保护二次图既庞大又复杂,要分析继电保护动作的一系列逻辑闭锁和连锁反应,对现场人员的素质提出了很高的要求^[1-2]。因此,需要开发出一套综合系统。该系统要能根据实际的电网参数,在可视化的情况下,为继电保护相关工作人员提供一个交互进行电网故障分析与继电保护整定、仿真的操作平台。

在此新的发展方向指引下,利用面向对象程序

设计工具 Visual Basic .NET 与关系型数据库系统 MS-Access 的紧密结合,运用可视化编程技术和模块化设计思想,成功开发出满足用户需求的数字图形化地区电网继电保护整定与仿真智能系统。系统的数据库具有通用性、直观性和用户可维护性等特点,通过地区电网继电保护与短路计算一体化,图形、数据及动作仿真关联一体化的建立,实现面向图元(一、二次设备)对象的保护配置及动作仿真设计。

该系统的模型和算法支持通用绘图工具(如 AutoCAD)和通用数据库(如 MS-Access)。该系统的使用能够大幅度地减轻继电保护整定计算工作人员的工作量,保证继电保护装置满足选择性、速动性、可靠性和安全性的要求,为电力系统安全、稳定运行创造了条件。

收稿日期:2006-06-30;修回日期:2006-10-09

Online real-time transmission cost calculation system based on point meter database

LI Hui-jie, YAO Jian-gang, GU Lin-feng, YAO Peng, LI Lian-jie

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: A calculation method of transmission cost based on point meter database is presented and its programming is easy. The electric quantity and loss of every transmission line, as well as the total electric quantity and loss, can be calculated from the point meter readings for each transmission service, which are sent to SQL Server database and used for cost analysis, total cost calculation and cost allocation after simple processing. The developed online real-time transmission cost calculation system adopts SQL Server 2000 to manage the databases, especially the point meter database, with good maintainability and expansibility. Both the data transmission and computation are implemented in server for enhancing system security and maintainability. The object-oriented programming language Visual Basic 6.0 is used to develop the friendly and simple man-machine interface. Practical applications show that the system realizes online and real-time transmission cost calculation for complex electric power systems with high speed, and both the historical data and real-time data can be inquired accurately.

Key words: point meter database; transmission cost; system development

1 系统结构

1.1 系统概述

地区电网继电保护仿真智能系统是面向保护整定技术人员而设计。利用通用的绘图工具绘制实际的地区电网图,采用高级语言交互式技术实现图形与数据库的链接,形成适合于故障分析的节点支路阻抗数据结构。以国家及电力部门的规程规范为准则^[3],利用专家知识库自动生成继电保护配置图。在可视化的环境下,对电网进行短路计算和继电保护整定。根据整定结果选择合适的继电保护装置,自动生成定值单。假想不同的故障类型,对整个电网的继电保护进行动作仿真。系统紧扣工程实际,结合电力系统理论原理和保护整定规程,实现工作人员在可视化的操作平台上进行电网继电保护整定与仿真^[4]。

1.2 系统框图

依照系统功能及特点,系统整体框架见图 1。

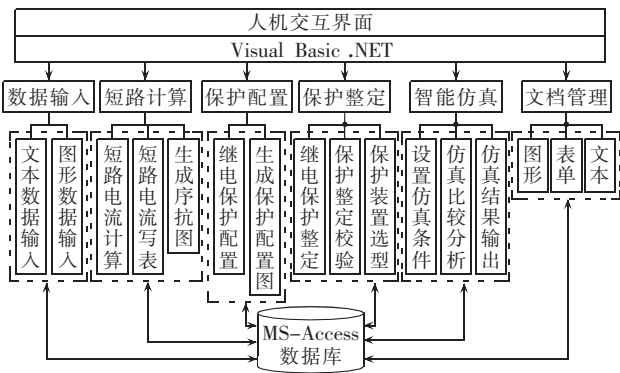


图 1 系统总框图

Fig.1 The block diagram of system

2 数据库设计与链接

系统以数据库为核心,通过数据库将各个功能模块连接成一个有机、完整的整体。系统基于 VB .NET 和 MS-Access 相结合的数据库设计与链接^[5]。

2.1 数据库设计

数据库采用 Access 2000 数据库,包括属性数据库和图形数据库^[6]。

在属性数据库中,将电网所有元件的原始参数(型号、规格与技术数据等)置于不同的表中,包括变压器表、线路表、断路器表、电容器表等。例如,对于双绕组变压器数据表,设置如下:

编号 1,型号 SCL-50,额定容量 50 kV·A,一、二次额定电压 6/10 kV,阻抗压降 4%,空载电流 5%,短路损耗 395 W,一、二次节点编号 3/5,绕组接线方式 Yy0。

图形数据库存放图形的结构数据,在绘图的同时自动跟踪记录。它包括电气元件子图库、支路图库以及字符条文库。电气元件子图库可分为一次系统元件类和二次保护装置类。子图库包括索引数据和子图数据。库首为索引数据,包括子图起始位置和子

图记录条数。子图数据包括图元特征代码、定位坐标、图元尺寸等数据。对应的字段含义为:1 2(X_1, Y_1) 坐标,直线首端坐标或圆心坐标;3 X 坐标,直线末端横坐标或圆半径或子图缩放的倍数;4 Y 坐标,直线末端纵坐标或圆半径或弧起始角或子图旋转因子;5 弧终止角;6~10,1~5 位置旋转 90°的值。

支路图库包括所有的支路信息及其拓扑关系。字符条文库提供图形中必须嵌入的文本信息:名称、参数、技术条件等。将继电器常有的型号、规格、技术数据等信息分类归纳,以串为单位存储。每串文本均含有文字、字体、字号、特征等数据项。

为保证数据安全,系统采用 2 个数据库,一个静态库(基本库),一个动态库(临时库)。2 个数据库的结构基本相同,基本库存储所有的原始数据及计算结果,动态库则存储计算所需的临时数据。当系统运行时,将用户所需要的计算数据从静态库调出,写入动态库中,以供计算之用,从而保证数据库中数据的安全。

2.2 用 VB.NET 链接 Access 数据库

VB .NET 利用对象的属性和方法实现对数据库的操作,并且 VB .NET 窗体中使用绑定和非绑定控件显示操作结果并接收用户输入。VB .NET 应用内置的 Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider 实现对 Access 数据库的访问。VB .NET 访问数据库的技术有很多种,其中比较常用的有数据访问对象 DAO (Data Access Objects),它是一种面向对象的界面接口技术。系统基于面向对象技术,主要采用 DAO 进行数据库访问和链接^[7]。

利用 DAO 创建数据库之前,选择菜单【项目】/【添加引用】/COM,选择 AutoCAD2004 Type Library 以及 Microsoft DAO 3.6 Object Library (DAO 对象库),单击【选择】按钮,引用 AutoCAD 与 Access 对象库,然后单击【确定】按钮^[8]。

3 可视化图形系统

系统基于可视化设计,采用面向对象技术和计算机图形处理方法,应用 ADO 技术与数据库链接,以适用现场不同的条件。基于 AutoCAD 强大的图形编辑功能,系统利用 VB .NET 对其二次开发^[9]。

3.1 图形系统结构

系统的图形平台以 AutoCAD 为基础。其图形系统总体结构如图 2 所示^[10]。

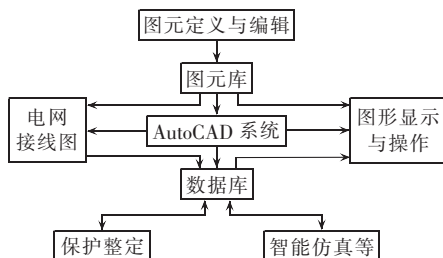


图 2 图形系统结构

Fig.2 The block diagram of graph system

3.2 图形建模

图形化建模的基本思想是在图形界面基础上将图形符号与电力系统设备的数学模型联系起来。绘图时从图元菜单中选取对象图元、在绘图区点击定位后即画出该图形,逐个选取图元绘制,就形成了完整的电网图,图元具有编辑变换功能,且带有属性、方法和事件。以图元为单位的模型更形象直观,更符合面向对象的设计思想,体现了“所见即所得”的特点。例如,用矩形表示断路器图元,对应 AutoCAD 中的 breaker 对象。每个图元都代表着真实的电力设备,如:发电机、变压器、输电线路、断路器、母线等图元。设备的参数则作为图元的属性输入,图元之间的连接关系在绘图中由计算机自动识别^[11]。

3.3 对象图元与数据库的动态关联

在继电保护整定与仿真系统中,对电网信息查询、方式设定、对象指定等操作都是在图示界面上进行的。电网元件对象的属性及图元结构参数的输入、输出也由图示界面按用户操作给定。前台图元界面中的鼠标动作映射着后台大量的数据库操作。图元与数据库的关联由编程语言的事件或 AutoCAD 提供的事件实现^[12]。例如,输入、修改或查看某电网元件的属性,在选中该图元后,再双击鼠标左键,则激活调取属性事件,弹出数据处理窗口。不同元件数据量与数据类型不同,对应不同的界面窗口,数据窗口与数据控件联结,数据控件与数据表绑定,数据控件起传递数据作用,较新的数据连接控件 DAO 可用代码实现窗口与数据库的连接。因此,可在系统运行中实现动态连接^[13]。

4 继电保护仿真

4.1 仿真原理

系统基于开关状态进行仿真,通过短路电流计算、读取继电保护类型及整定值、故障区域的相关保护配置、电流值与整定值比较、时间配合及结果显示等过程来实现的,整个功能依靠图形界面、数据库系统和计算程序来共同完成^[14],其工作原理如图 3 所示。

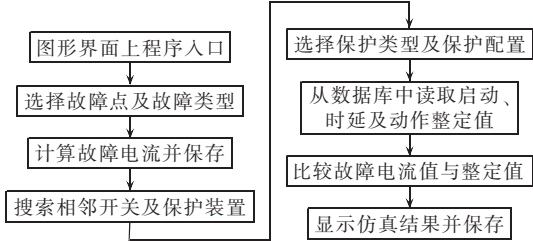


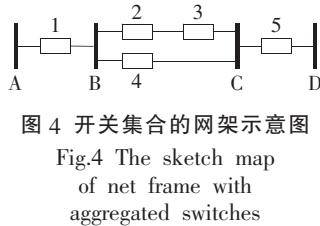
图 3 仿真工作原理图
Fig.3 The flowchart of simulation

开关状态仿真的程序是在图形界面上触发的,用户可以直接在电网图中选择短路的母线或线路上的任一点进入短路电流计算和开关状态仿真程序。当选择好短路点及短路方式后,系统进行短路电流计算,并要求用户保存计算结果。然后,系统通过

智能搜索技术,在数据库系统的支持下,找到与短路点相邻的母线和线路,并从数据库中读取相应的继电保护的类型、TA 和 TV 的变比、保护的整定值等信息。再根据短路方式以及各类继电保护装置的启动条件,对短路电流值与整定值进行比较,若满足动作条件,则继电保护动作,经过一段时间将跳开相应的开关;若不满足动作条件,继电保护不会动作。系统可以对多种继电保护原理进行仿真,如相间距离保护、接地距离保护、零序过流保护、相间过流保护等。最后,系统将显示仿真的结果,供用户参考。

4.2 仿真功能实现

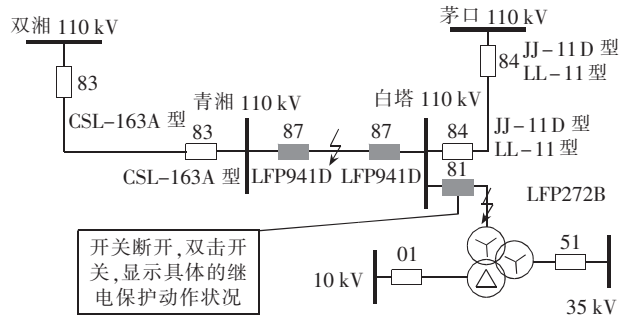
在进行开关状态仿真的过程中,并不是针对一个开关上的单一保护进行的,而是需要考虑一个开关集合的概念^[15]。开关集合中包含了与任一短路点相邻线路上的开关,如图 4 显示了电网图的一部分线路和母线。对于这样结构的电网,当短路点位于线路 4 末端时,其开关集合为 $Breaker = \{5, 3, 2, 4, 1\}$,系统将考虑这 5 个开关的启动和动作情况,由于继电保护装置的方向性,保护 3 和保护 5 不会动作,对应的开关状态的集合为 $Status = \{1, 1, 0, 0, 0\}$ 。其中,1 表示开关不会跳闸,0 表示开关可能跳闸。这时系统将搜索开关 2 和 4 的保护配置情况,根据搜索结果可以得到开关处



保护配置集合,如对于开关 2 有 $Relay2 = \{ \text{相间距离, 接地距离, 零序过流, 相间过流} \}$,系统根据短路的方式对主保护进行仿真工作。若主保护因定值配置或其他原因拒动,则将对后备保护进行仿真。由于在 110 kV 电网中,还必须考虑远后备的情况,因此在 Break 集合中,开关 1 是用作远后备的,当系统发现 2 和 4 的保护因某种原因拒动时,系统将会搜索开关 1 的保护配置情况,根据短路电流进行开关状态仿真,以达到保护的仿真。

4.3 仿真结果输出

仿真运算结束后,保护结果有 2 种方式输出。第 1 种是以文本的形式输出,将各个开关的动作状况按逻辑时序形成文本保存起来,点击相应的开关就可以直接调用这些结果。第 2 种是直接显示在图纸上,例如设开关是“—□—”表示“合上”,“—■—”表示“断开”。实例如图 5 所示。



5 结论

所介绍的地区电网继电保护仿真智能系统将最新的面向对象技术、计算机图形处理技术及数据库技术引入到常规的继电保护整定中,并能让继电保护技术人员在完全可视化的情况下对继电保护进行整定与仿真。该系统现已进入试运行阶段,界面友好、功能齐全、运行稳定、可扩展性强,大大提高了继电保护工作人员的工作效率,获得用户好评。

参考文献:

- [1] 赖业宁,韦化,文杰,等. 220~500 kV 电网继电保护整定计算专家系统[J]. 继电器,2001,29(3):31-34.
LAI Ye-ning,WEI Hua,WEN Jie,et al. Expert system for the setting calculation of relay protection on 220~500 kV power networks[J]. Relay,2001,29(3):31-34.
- [2] 邹俊雄,蔡泽祥,孔华东,等. 基于图形平台的电力系统继电保护动作逻辑仿真[J]. 电力系统自动化,2002,26(8):61-64.
ZOU Jun-xiong,CAI Ze-xiang,KONG Hua-dong,et al. The operation logic simulation of relay protection of power systems based on graphic platform[J]. Automation of Electric Power Systems,2002,26(8):61-64.
- [3] 西北电力设计院. 电力工程电气设计手册(二次部分)[M]. 北京:中国电力设计院,1991.
- [4] KHALIL E A,DONALD M,GEZA J A. A methodology for power system protection design based on an intelligent system approach[C]//Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. Canada:IEEE,1999:1164-1169.
- [5] BARKER F S. VB.NET 与 ADO.NET 数据库编程[M]. 邱仲潘,译. 北京:机械工业出版社,2003.
- [6] 周媛,冯林桥,张午阳,等. 图示化智能供配电网设计系统[J]. 电力自动化设备,2005,25(7):53-56.
ZHOU Yuan,FENG Lin-qiao,ZHANG Wu-yang,et al. Graphic intelligent design system for power supply and distribution network[J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(7):53-56.
- [7] 张梅峰. Visual Basic .NET 程序设计与算法基础 [M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [8] 张晋西. Visual Basic .NET 二次开发 AutoCAD 范例精解[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [9] 赵菁,孙晖. 基于 CIM 的集控站仿真培训建模支持系统[J]. 电力系统及其自动化学报,2005,17(3):69-72.
ZHAO Jing,SUN Hui. Modeling support system based on CIM

- of training simulation for centralized control substation [J]. Proceedings of the EPSA,2005,17(3):69-72.
- [10] 苏卫华,李晓明,董丽娟. 参数化动态链接的电力系统绘图软件的设计与实现[J]. 电力系统及其自动化学报,2001,13(6):45-48.
SU Wei-hua,LI Xiao-ming,DONG Li-juan. The design and realization of the software about drawing the one-line diagram or the electric power system based on parametric and dynamic link[J]. Proceedings of the EPSA,2001,13(6):45-48.
- [11] 冯林桥,许文玉,王姿雅. 电力系统及厂矿 CAD 系统[M]. 长沙:湖南大学出版社,2004.
- [12] 冯林桥,许文玉,陈湘波,等. 图示化电网智能识别技术及其应用[J]. 电力系统及其自动化学报,2005,17(2):90-94.
FENG Lin-qiao,XU Wen-yu,CHEN Xiang-bo,et al. Power system intelligent recognition using graphic technology and its applications[J]. Proceedings of the EPSA,2005,17(2):90-94.
- [13] 何志标. 绘图系统的程序设计方法 [J]. 电脑开发与应用,2003,16(9):32-34.
HE Zhi-biao. Method to set up drawing environment by programming[J]. Computer Development and Applications,2003,16(9):32-34.
- [14] 王之栋,房鑫炎,赵杰平. 图示化智能供配电网设计系统[J]. 电力自动化设备,2001,21(3):8-10.
WANG Zhi-dong,FANG Xin-yan,ZHAO Jie-ping. The graphic-interface-based breaker status simulation system of 110 kV network protection[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(3):8-10.
- [15] 刘健,赵海鸣. 继电保护整定计算及定值仿真系统[J]. 继电器,2002,30(9):47-49.
LIU Jian,ZHAO Hai-ming. System of setting calculation of relay protection[J]. Relay,2002,30(9):47-49.

(责任编辑:李玲)

作者简介:



钱军(1982-),男,湖北仙桃人,硕士研究生,主要研究方向为电气工程 CAD 及信息管理、电网规划及设计(E-mail:qian jun2000@126.com);

冯林桥(1946-),男,湖北孝感人,教授,主要研究方向为电力系统运行分析、电力 CAD 及其应用软件研究开发;

张文涛(1982-),男,湖北仙桃人,主要从事电网调度通信与维护工作。

Intelligent protection simulation system for local power network

QIAN Jun¹, FENG Lin-qiao¹, ZHANG Wen-tao², XU Min¹

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University,

Changsha 410082, China; 2. Yidu Power Supply Company, Yidu 433000, China)

Abstract: Aiming at the existing deficiency in current application software for protection setting and analysis, an intelligent and interactive system of fault analysis, protection setting and simulation is established, which takes database as its core, applies the advanced technologies of visual programming, OOP, computer graph processing and modularization, combines the protection setting with fault analysis, and incorporates graphics, data and simulation together to implement the integrated design of protection setting and intelligent simulation for local power network. It enhances the creditability of protection settings and ensures protection devices the selectivity, speediness, reliability and security.

Key words: protective relay; visualization; object-oriented; protection simulation