

110 kV 城市电网故障仿真培训系统

许珉,刘伟,杨宛辉

(郑州大学电气工程学院,河南 郑州 450002)

摘要: 应用面向对象的编程技术,研制了电网拓扑图形与后台数据库相结合的 110 kV 城市电网故障仿真培训系统。系统的全部功能都可以通过对图形界面的操作完成,可以直接设置故障点、故障类型,并根据相应的保护配置、数据库中的定值调用,模拟故障后自动装置、继电保护动作情况和开关状态。在电网故障仿真中,采用了模拟实时数据(由潮流计算与短路计算提供)采集与保护仿真的故障仿真方法,当教员设置故障后,短路计算结果立即会被采集并与保护定值比较,实时仿真了故障与保护的動作情况。

关键词: 短路计算; 故障仿真; 学员培训

中图分类号: TM727

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)12-0040-03

0 引言

随着电网规模的扩大,无人值班变电站的增多,地区电网集控中心的运行人员的工作日趋繁重。当电网发生故障时,要求他们迅速做出正确的判断,并给出相应的处理措施,及时恢复系统的正常运行。这就要求他们有足够的理论知识和丰富的实践经验。然而,由于现代电网运行水平的提高,运行人员处理大事故的机会很少,很难积累起丰富的实践经验,所以,当事故来临时,可能会出现判断和处理错误,造成事故扩大。为帮助他们提高判断和处理故障的速度和准确性,积累实践经验,开发仿真培训系统是非常行之有效的方法。目前,国内 DTS 还处在研究发展中,对电网仿真培训的研究主要侧重于调度员仿真培训,关于故障仿真和故障处理培训方面研究详细报道不多。另外,在故障设置方面,大部分是事先设置的故障案例库^[1]给出故障报警信息。

1 系统的总体设计

系统以前台的图形界面和后台数据库管理为基础,所有功能的实现都通过图形界面来触发,所有程序都通过数据库来读取和存储数据,数据传输更加合理、通畅,保证了系统数据的共享性和准确性。其总体结构主要分如下几部分:

1) 图形界面模块:该模块是一个面向对象的电网绘图工具,是系统与用户的交互界面,是整个仿真系统得以实现的基础和操作平台。

2) 参数管理数据库模块:用来存放电网接线图中的图元信息、元件参数、定值信息、运行仿真数据及系统的保护配置等各种数据。可方便地完成设备

参数和保护配置信息的录入、修改和删除。

3) 潮流计算模块:实时仿真故障前后电网潮流的变化,为整个电网的继电保护提供真实可靠的、正常运行时的测量值,使保护仿真更加逼真。

4) 可视化的短路电流计算模块:此模块允许在图形界面上模拟设置各种可能的故障类型和故障点,并进行短路电流计算,能够计算电网各处任意运行方式下的三相短路、两相短路、单相接地短路和两相接地短路时的各支路短路电流值和各节点电压值。

5) 动作值仿真模块:本模块主要研究了距离保护动作值仿真。

2 系统功能及其数据库的特点

系统的绘图模块定义了多种图元,可以使用户方便地绘制出清晰、美观、准确的电网接线图。在绘图的同时,采用弹出式对话框让用户录入各种元件的参数,将电网接线图绘制与参数输入有机地结合起来,这样不但使用户能直观地了解电网的总体结构及元件的相关信息,而且使软件的各种操作简单方便,易学易用。绘图完成后自动进行网络接线分析形成拓扑结构信息。后台数据库是整个系统的核心。系统各模块采用标准的 ODBC 接口直接访问数据库,在本系统中,数据库是电网各种相关参数的综合,不仅反映数据本身的内容,而且反映数据本身的联系。数据库表主要分为四大类:图形信息、元件参数、继电保护整定值及配置信息、故障信息和故障处理专家知识库。系统的各种功能的实现均以数据库作为其数据访问源,并依托图形界面来完成。图形界面用来对数据库进行操作与管理,而数据库系统是前台图形化界面的基础,为各项功能的实现提

供了数据支持和共享。图形信息数据表记录了各图元在图形界面中的位置,实现了电网接线图的保存,也为电网接线图的连接分析提供了信息;元件参数数据表记录了电网接线图中各种设备的名称及主要参数,供短路故障计算时使用,可以通过图形界面进行设备参数的修改、查询等管理工作;继电保护整定值及配置信息数据表记录了各种设备所配置的保护类型、保护整定值及其各个保护之间的配合关系,用户可以在图形界面中选择相应的设备,使用对话框进行线路、变压器、母线等设备的保护配置,并录入整定值及其他信息;故障信息和故障处理专家知识库数据表主要是针对故障处理培训构建的,记录了系统中各种可能的故障报警信息和产生这些报警信息的原因,以及处理故障的方案。图形界面与数据库系统的紧密结合为系统各种功能的实现,特别是为可视化短路电流计算和基于定值判断的继电保护仿真功能的实现提供了完整、准确、可靠的数据源,也为系统的进一步完善提供了良好的保障。

3 故障仿真功能的实现

3.1 电网故障“实时”仿真

本系统采用了模仿实际系统的构造原理来实现仿真系统的各部分^[2],其中主要包括以下几个方面:系统正常运行时的仿真,RTU 仿真,电网故障仿真,继电保护数据采集故障电压、电流仿真,动作值仿真,继电保护动作时限仿真,定值仿真等。

1) 电网正常运行仿真:由潮流计算模块“实时”计算出系统的潮流分布,仿真电网的各种正常运行方式,为本系统提供正常的运行数据。

2) 电网故障仿真:教员利用可视化短路电流计算程序为系统设置故障类型和故障地点,并进行短路电流计算,为故障仿真提供故障后的有关数据和现象。

3) 继电保护数据采集及其动作值的仿真:为了形象地仿真继电保护在整个故障前后的动作过程,我们把潮流程序嵌入到该系统中,可以在故障发生前后录入潮流值到相应数据库中,其中分为正常运行时的潮流值、故障断开后的潮流值等。RTU 仿真能够仿真实际系统中的 RTU (Remote Terminal Unit) 的功能,在系统正常运行时,采集正常运行方式下相应的保护安装处的节点电压和支路电流值,作为正常运行时继电保护装置的测量值。在系统发生故障时,将采集经短路计算后的保护安装处的节点电压值和支路电流值作为继电保护装置的测量值,

并计算保护动作值。根据实际保护的工作原理,正常运行时每隔相应的时间采集潮流程序计算出的“实时”数据,发生故障时每隔相应的时间采集短路计算程序计算出的“实时”数据。

4) 电网的主保护和后备保护的仿真:对于整个电网配置的每个断路器及其保护,用户都可以设置拒动或者故障状态,系统经过 RTU 仿真之后,把短路计算后的所有保护处的测量值“采集”到测量值数据库中,然后扫描所有断路器和各个保护的工作状态,若均属正常的话,此时故障处的主保护的信号出口,发出跳闸信号,跳开相应的断路器切断故障。若有保护或者断路器处于拒动或者故障状态,仿真后备保护时间元件的时间到,后备保护动作,我们利用软件的有关时钟控件能很好地仿真距离、一段保护在时限上的配合关系,以及断路器拒动时,由上一级保护跳开上一级断路器的情形。为了形象生动,更加逼真于故障后实际保护和断路器的工作情况,采用一个窗口加上一个界面的形式,窗口中报出实际系统的自动装置和保护装置的报警信息,图形界面上动态地显示断路器发出开断的信号。图 1 示出某城市电网接线图,也是我们进行故障仿真培训的主界面。

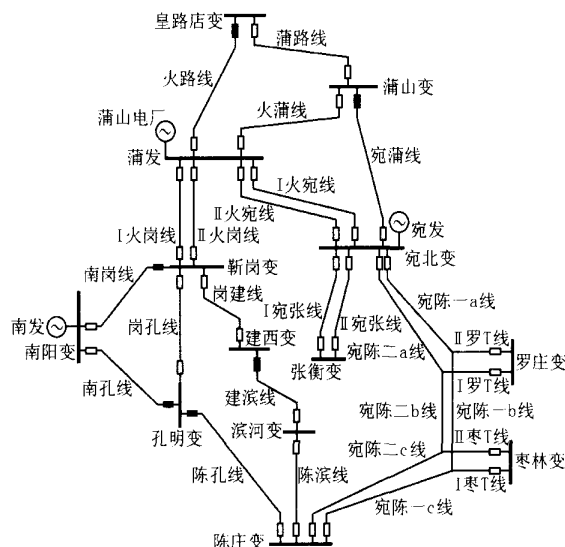


图 1 某城市电网接线图

Fig. 1 Connection diagram of power network in a city

由于此过程是继电保护和断路器在系统各个阶段的动作情况,所以十分贴近实际系统的运行情况

3.2 继电保护定值仿真^[3]

对于前面已经搭建好的电网一次网络接线图,我们可以根据需要在母线或者线路各处设置任意类

型的故障,进行保护定值仿真,对继电保护的定值进行校验,这样便能直观明了地检查出继电保护定值失配和灵敏度不足等问题。

4 教员故障设置和学员培训功能的实现^[4]

教员通过菜单选择,可在网络接线图上任意地点设置各种类型的故障,为反映复杂故障现象,还可同时设置拒动开关和拒动保护(所有的开关和保护都可设拒动),然后由前面所述的保护仿真程序给出故障结果,送到界面上。学员根据生成的故障报警信息窗口和图形界面上断路器断开的位置,推断出故障原因(故障地点和故障类型),提出故障处理方案。接着系统将启动故障诊断程序查询故障处理专

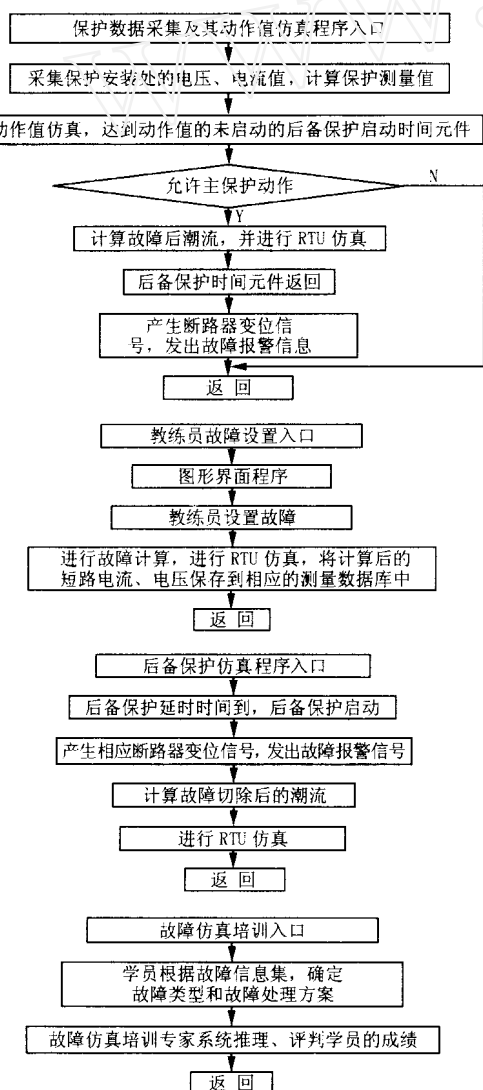


图2 继电保护培训仿真系统流程图

Fig.2 Flow chart of the simulation and training system for relay protection

家系统知识库,通过查询,诊断出故障位置,推理出一个或者几个相对于当前故障的处理原则(备选答案),用以指导学员进行正确的故障处理。

5 系统故障仿真培训流程图

整个系统流程图分为:保护数据采集及其动作值仿真流程图、教练员故障设置仿真流程图、后备保护仿真流程图和故障仿真培训流程图。如图2所示。

6 结论

1) 系统的绘图模块能方便快捷地绘制出清晰美观、布局合理的电网接线图,并且通过拓扑分析能够得到正确的电网接线图的拓扑结构,同时形成计算时所用的各序网参数。

2) 以故障计算为基础,模拟电网故障和实际继电保护的工作原理,以整定值和延时时间为判据,仿真实际系统的故障,结果准确。

3) 仿真培训专家系统可对学员进行仿真培训、指导学员,增强学员的学习自主性,减轻教员的负担,甚至可以代替教员。

4) 该系统以某城市电网为对象,对提高学员的运行水平和故障处理能力有重要意义,本文采用的“实时”仿真方法,贴近实际系统,具有实用价值。

参考文献:

- [1] 盛四清,顾雪平,等(SHENG Si-qing, GU Xue-ping, et al). 调度员模拟培训专家系统(Research on a Dispatcher Training Expert System for Fault Diagnosis and Restoration of Power Network) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 1997, 21(8): 35-38.
- [2] 贺家李,宋从矩(HE Jia-li, SONG Cong-ju). 电力系统继电保护原理(Principle of Relay Protection) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press), 1991.
- [3] 张慎明,姚建国(ZHANG Shen-ming, YAO Jian-guo). 调度员培训仿真系统(DTS)的现状和发展趋势(Current Situation and Development Trend of Dispatcher Training Simulator) [J]. 电网技术(Power System Technology), 2002, 26(7): 60-66.
- [4] 杨宛辉,许珉(YANG Wan-hui, XU Min). 变电站计算机仿真培训专家系统开发与应用(Development and Application of the Computer Simulation Training Expert System for Substation). 继电器(Relay), 1999, 27(2): 32-34.

(下转第 46 页 continued on page 46)

用程序开发工作中的日常任务。

VSS 将所有的项目源文件(源代码文件、文档等)以特有的方式存入数据库。开发组的成员不能对该数据库中的文件进行直接的修改,而是签出(Check out)到自己的工作目录下进行修改和调试,然后将修改后的项目文件签入(Check in)给 VSS,由它进行综合更新。

5 结论

本文讨论了微机继电保护装置软件开发的全过程,重点论述了软件可靠性问题和保证软件可靠性的方法。

参考文献:

- [1] 杨奇逊(YANG Qi-xun). 微型机继电保护基础(Digital Relay Fundamentals)[M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),1988.
- [2] Heising C R, Peterson R C. Digital Relay Software

Quality[Z]. GE Publication GER-3660.

- [3] 李轶群,吴国,张涛(LI Yi-qun, WU Guo-yang, ZHANG Tao). 基于模块的可编程保护装置软件设计新概念(The New Software Design Method of Module-based Programmable Digital Relay)[J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2002,26(15):66-69.
- [4] Maguire S. 编程精粹——Microsoft 编写优质无错 C 程序秘诀(Writing Clean Code—Microsoft Techniques for Developing Bug-free C Programs)[M]. 姜静波,佟金荣,译(JIAN G Jing-bo, TONG Jin-rong, Trans). 北京:电子工业出版社(Beijing: Publishing House of Electronics Industry),1993.

收稿日期: 2003-09-25; 修回日期: 2003-10-10

作者简介:

所旭(1974-),男,硕士,从事微机继电保护装置的研究与开发工作;

张萍(1978-),女,硕士研究生,主要研究方向为软件可靠性等。

Research on the reliability of digital protective relay software

SUO Xu¹, ZHANG Ping²

(1. Beijing Sifang Automation Co., Ltd, Beijing 100085, China; 2. Department of Information Management, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: The reliability of digital protective relay software is emphasized in this paper. The stuffs which affect the software reliability of protective relays are introduced, the misconceives of the software reliability among developers are pointed out. In the last, this paper brings forward an approach to ensure the software reliability in the whole process of the software development.

Key words: digital protective relay; software reliability; developing guideline

(上接第 42 页 continued from page 42)

收稿日期: 2003-09-28; 修回日期: 2003-11-20

作者简介:

许珉(1956-),男,副教授,从事电力系统监视与控制

方面的研究;

刘伟(1976-),女,硕士研究生,研究方向为电力系统监视与控制;

杨宛辉(1943-),女,教授,从事电力系统监视与控制方面的研究。

Fault simulation and training system of 110 kV city power network

XU Min, LIU Wei, YANG Wan-hui

(School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Applied the object-oriented programming, the 110 kV city fault simulation and training system for power network is developed. Topological graph of network is integrated with the background database. All functions of the proposed system can be achieved by operating the graphical interface. By setting a fault point and fault type in the graphical interface, it can simulate the state of switch and the action of automechanism as well as the relay protection after fault occurring in terms of the relay collocation and the fixed value in database. In the fault simulation system, a method of imitating real-time data acquisition, which provided by power flow calculation and short circuit calculation, and relay protection has been adopted. After setting fault by instructor, the result of short circuit calculation will be acquired at once and compared with the setting of protection. In this way, it simulates the action of fault and relay protection.

Key words: short circuit calculation; fault simulation; student training