

电力系统继电保护信息分析管理专家系统的实现

刘涤尘, 张琳, 齐晓曼

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 论述了基于推理与数据库的电力系统保护信息分析的专家系统。该专家系统用来处理自 SCADA 系统采集的数据和自故障录波器及带录波功能的继电保护装置获取的数据, 使用建模推理和数据库技术, 保证诊断结果快速可靠; 动作评价及深入分析决策, 可大大减轻运行人员的工作量。

关键词: 继电保护; 专家系统; 建模推理; 故障信息管理

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)04-0063-03

0 引言

近几年来, 随着我国电力工业的迅速发展, 电网结构也日趋复杂, 变电站覆盖面扩大, 负载种类也越来越多, 电网各类故障(如雷电、短路、接地以及大容量负载的投切等等)的频繁发生使运行人员疲于忙碌, 故障的信息传递和故障处理分析都较缓慢。而近年来变电站综合自动化、调度自动化系统的功能和性能不断提高, 电力运行管理工作的自动化已达到了一定的水平。与此相比, 各种微机保护、故障录波装置的大量信息却缺乏统一有效的管理, 继电保护信息的存储和监控、系统故障及保护动作行为的分析和管理的自动化水平则相对滞后。因而需要一个能够进行故障元件诊断、事故后的数据分析、保护动作行为评价等功能完善的电力系统保护信息综合分析专家系统。这对于电力系统的安全可靠运行起着十分重要的作用^[1, 2]。

为达到上述目标, 通过联网方式将电网中的故障信息集中到调度中心, 这是在全国电网中得到公认并正在实施的方案^[3, 4]。由于电力系统的网络化建设和各种保护及故障录波装置的数据格式没有统一的业界标准, 使得现在较多的联网方案目的单一,

即只将故障录波器的信息和继电保护装置动作情况上传到调度中心, 在调度端的计算机中一般只具备将各变电站故障信息打印出来的软件, 缺乏故障信息数据库管理及综合分析的高层软件。而历史故障信息对于电力系统安全稳定分析具有非常重要的意义, 现有故障检测系统仅仅是把故障录波信息打印保存, 而不是将数据分类、整理、组成数据库, 数据分析功能也不完善。针对上述现象, 在对现行大量的保护和故障录波装置进行研究的基础上, 为配合自行开发的故障录波装置, 本文在上层分析软件方面开展了进一步工作, 开发了基于建模推理与数据库的电力系统保护信息分析的专家系统, 利用推理引擎对事先确立的知识库进行推理, 并支持前向推理和后向推理, 独立于系统, 其规则修改简单方便。

1 系统组成原理及功能实现

1.1 系统简介

本文论述的基于推理与数据库的电力系统保护信息分析的专家系统。包括各相对独立的模块, 应用面向对象设计的方法编程, 以保证软件的通用性、可扩展性和可移植性, 利用 Visual C++ 6.0 强大的面向对象开发功能, 以全图形化的一、二次统一建模

A new application of LONWORKS

CHEN De-ming¹, XIONGLie-bin¹, LEI Hang-zhou²

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. Chengdu Southwest Jiaotong University of XI Electric Co. Ltd, Chengdu 610031, China)

Abstract: The paper introduces a new application of LONWORKS to construct networks through discussing its addressing and node communication. The mode does not need special developing instrument, and every node can interchange, it has been used in actual system and got a good result.

Key words: LONWORKS; addressing mode; explicit message; self-network connection

技术为基础,实现了电网故障信息的全面体现,提供方便实用的故障分析手段,使继电保护的管理和故障分析实现自动化、科学化。

与其它系统相比,其特色和优势是:在突出保护继电专业化管理的同时还具有完善的基础数据模型,为各种高级分析功能的后续开发打下了坚实的基础,而将传统的录波分析软件仅作为系统的一组子功能,强调系统的整体性和可扩充性。

该系统由基础到高级可以简单地概括为:

- 1) 保护信息管理与故障分析支撑系统。
- 2) 电力系统故障再现。
- 3) 电力系统故障仿真和保护动作行为分析评价。
- 4) 保护与安全自动系统运行辅助决策系统。

专家系统组成及功能模块如图 1 所示。

专家系统由推理引擎、数据库和知识库组成,它对来自各子站的保护信息进行综合分析,得到故障诊断结果。

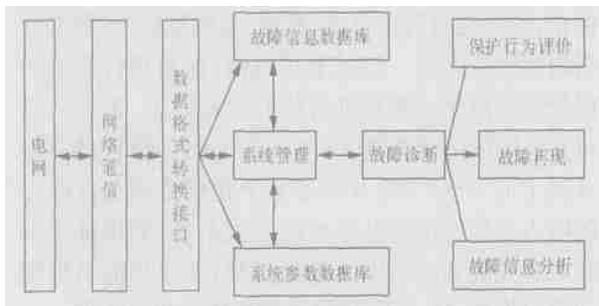


图 1 专家系统组成及功能模块图

Fig. 1 Expert system and functional modules

1.2 推理引擎

推理引擎包括系统管理和故障诊断两大部分。推理引擎通过事例匹配寻找相关知识,得到推理结果。推理引擎是本系统的核心,负责故障信息的管理,并协调其他相关模块完成相应任务,负责系统建立和维护。当系统发生简单故障时,可以利用开关和保护信息定位故障元件,而且诊断结果可信度高。但是,当系统发生复杂故障,或者开关拒动或误动时,就必须加入新的信息源。随着继电保护及故障录波信息联网,更多录波信息为进一步诊断提供了基础。

推理步骤:

- 1) 对事例进行预处理。根据数据库模块对系统参数、保护配置和关系对应的设置,自动生成各保护和开关、一次元件的关联关系,分析保护的配合情况。

2) 进程警报。当系统出现异常情况,如单相电流突然增大、电压下降等,立刻报警。

3) 快速诊断。根据知识库和故障情况,推理故障种类、性质、发生原因、故障位置等。

4) 故障分析。针对故障诊断结果,制定反应方案,利用知识库,分析保护、开关行为。

5) 系统根据推理结果和用户的不同要求,发送诊断报告并存档。

其专家系统故障诊断流程如图 2 所示。

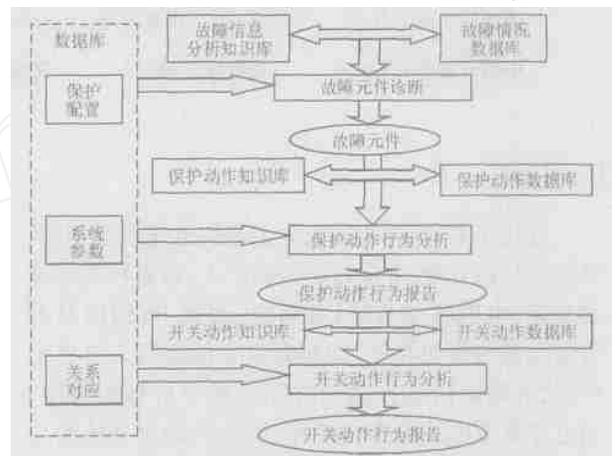


图 2 专家系统故障诊断流程

Fig. 2 Flow chart of fault analysis in expert system

1.3 数据库

数据库模块由系统参数、保护配置、故障录波、保护动作和关系对应 5 个部分组成。主站服务器根据本地数据库的相关信息,以专家系统给定的格式填写数据库,并通过关系对应实现对数据库的访问,该数据库具有永久保存的功能,方便日后随时查阅历史记录,同时设有用户权限。数据库模块可以满足各种查询、浏览及打印的需要,为现场运行和管理人员服务。

1.4 知识库

知识库由故障信息分析、故障再现和保护开关动作评价 3 个模块组成。知识库保存在文本文件中,方便添加和修改。

故障再现是指根据所记录的信息,在计算机系统上重现电网中已经发生过的故障及其发展过程,从而有助于值班调度员和故障分析专家对故障进行分析判断。其具体内容包括:

- 1) 再现故障前电网的完整状态。
- 2) 根据系统记录的二次设备动作信息和开关动作情况,提供故障进程的单步演进。
- 3) 结合上述故障进程单步演进功能,利用相关

的故障录波数据,提供各种二次设备的图形分析(例如距离保护的阻抗动作轨迹分析)及其结果显示功能。

保护动作行为分析评价,其具体内容有:

1) 根据现场设备所提供的电网故障信息(故障设备、故障类型、故障位置)和电网故障前的状态,在电网仿真系统上再现此故障,并依据故障仿真结果计算各个二次装置的动作行为,把计算结果与实际情况进行对照,给出二次设备动作行为分析评价。

2) 结合故障再现功能,对故障全过程进行仿真,提供电网故障在仿真系统上的模拟发展过程和记录的实际发展过程之间的比较。

2 软件实现方法

本系统采用 Windows NT Server4.0 环境,利用 Visual C++ 6.0 强大的面向对象开发功能,进行统一的系统设计开发,包括各相对独立的模块,以保证软件的通用性、可扩展性和可移植性。

下面主要介绍推理引擎模块系统的开发及实现。

2.1 故障信息分析系统

故障信息分析系统根据电网故障信息进行故障选线、故障测距以及谐波分析、装置动作评判和电网故障诊断。

故障选线采用负序比相算法,具体步骤是:用傅里叶算法计算出故障后第一周期的电压、电流相量值,进而求出电压电流的负序分量,然后对负序电压及负序电流进行比相,因为只有故障电路的正方向才能满足负序电压相量滞后负序电流相量 $90^\circ \sim 120^\circ$ 的条件。

按照测距所用的信息来源,测距方法有单端测距法和双端测距法。通过对线路两侧故障实时数据的分析计算,从双端到故障点进行定位,以提高故障定位精度,并且根据人工置数输入的故障点的实际距离,自动修正测量计算偏差,逐步提高故障测距的分析精度。现采用双端测距方法,利用线路两端工频向量相位差的特点进行测距,不受负荷电流与过渡电阻的影响,无须故障选相。详细改进的双端测距原理及方法见文献[5]。

依据对变电站的保护描述和相互关联关系以及系统实时采样数据、故障录波数据、保护动作信息等,分析保护工作行为的正确性,并将分析结果登录到保护动作数据库中。并根据要求自动生成保护动作分析报表,在就地存盘的同时,上传到调度中心。

保护分析报表包括变电站名称、被保护设备名称、电压等级、系统运行情况(有无事故发生)、故障发生的时间、设备故障类型、故障相别、开关跳闸情况等。调度中心可从电网角度对保护动作行为进行智能化分析,并作出评价。

2.2 系统信息管理系统

信息管理系统主要包括设备基本信息管理、运行管理、定值管理、参数管理、专业管理等。实现设备信息的查询、编辑和设备台帐的打印等基本管理操作。

运行管理模块对电网保护装置的运行状态进行统一的管理,可以通过厂站主接线图、保护配置图等图形方式搜索到保护装置,进行各类信息查询,查询结果以表格形式输出打印,并按照工作预定流程进行申请、审批、执行及复核各保护操作、统计分析保护动作。同时对用户的相关单据进行统一维护。

定值管理模块时根据整定计算的结果,对需要更改定值的保护,自动形成定值审核表和通知单,处理和制定值审核和下发通知单的工作流程,管理和维护各继电保护设备的定值单库。

专业管理模块是包括辖区内继电保护专业管理及技术监督、技术标准、管理、统计、文件整理等。在数据库中进行分类管理,提供给用户查询、阅读、打印和批注等功能。

3 结论

本文提出的基于建模推理开发的专家系统,采用 Internet 技术、数据库技术和通过面向对象的系统设计方法。系统利用故障模拟量和开关量信息,确定故障情况,评判开关和保护的动作行为,并提供故障历史查询,实现了故障信息全系统共享和统一管理。系统故障诊断和动作评价迅速、准确,有利于提高电网运行的自动化水平。

参考文献:

- [1] 赵冬梅,张东英,徐开理,等,分层分步式电网故障诊断专家系统设计[J].现代电力,2001,18(3):41-46.
ZHAO Dong-mei, ZHANG Dong-ying, XU Kai-li, et al. The Design of an Expert System for Layered Fault Diagnosis in Power Network[J]. Modern Electric Power, 2001, 18(3): 41-46.
- [2] 文福拴,韩祯祥.计及警报信息时间特性的故障诊断模型[J].电力系统自动化,1999,23(19):6-9.

(下转第 74 页 continued on page 74)

- 30.
- [6] 章坚民,姜建宁,赵航,等. IEC61850 在继电保护故障信息处理子站系统的应用[J]. 电力系统自动化,2003,27(13):61-63.
- ZHANG Jian-min, JIANG Jian-ning, ZHAO Fang, et al. Application of IEC61850 on Substation Relay Protection Fault Information Subsystem[J]. Automation of Electric Power Systems,2003,27(13):61-63.

收稿日期: 2004-06-10; 修回日期: 2004-09-16

作者简介:

黄良(1962-),男,硕士研究生,主要研究方向是MMS协议的研究和实现以及继电保护自动化;E-mail: huang1980214@163.com

章坚民(1962-),男,副教授,高级工程师,硕士生导师,主要从事电力管理与控制系统建模、嵌入式应用等方面的研究。

VMD design in the implementation of IEC61850 based on MMS and relay protection equipment connected to network

HUANG Liang¹, ZHANG Jian-min^{1,2}, CAI Yong-liang²

(1. Hangzhou University of Electronic Science & Technology, Hangzhou 310018, China; 2. Hangzhou State Power Information Technology Co., Ltd, Hangzhou 310012, China)

Abstract: VMD design is a key and basic work to implement IEC61850 by MMS. This paper firstly studies the basic knowledge of IEC61850 and MMS, and then discusses the principles of VMD, including several methods of the VMD design and the mapping from IEC61850 to VMD. This paper also gives an example of the IEC61850 VMD implementation based on substation system of Zhejiang Power Co. .

Key words: VMD; MMS; IEC61850; electric power

(上接第 65 页 continued from page 65)

- WEN Fu-shuan, HAN Zhen-xiang. Based on Alarm Processing for a Fault Diagnosis Model[J]. Automation of Electric Power Systems,1999,23(19):6-9.
- [3] 孟昭勇,梁军,李欣堂,等. 故障录波数据远传及综合数据处理系统的研究[J]. 电力系统自动化,1997,21(8):72-75.
- MENG Zhao-yong, LIANG Jun, LI Xin-tang, et al. The Research of Fault Recording Data Communication and Comprehensive Data Manage System[J]. Automation of Electric Power Systems,1997,21(8):72-75.
- [4] 陈长德,张保会,魏春轩. 故障录波数据集中分析与专家系统[J]. 中国电力,1999,32(9):40-43.
- CHEN Chang-de, ZHANG Bao-hui, WEI Chun-xuan. The Concentrated Analysis of Fault Recording Data and Expert

System[J]. Electric Power,1999,32(9):40-43.

- [5] 束洪春,司大军,葛耀中,等. 利用双端不同步数据的高压输电线路故障测距实用算法及其实现[J]. 电网技术,2000,24(2):45-49.
- SHU Hong-chun, SI Da-jun, GE Yao-zhong, et al. Study on Practical Fault Location Algorithm for Two-terminal HV and EHV Transmission Lines using Asynchronous Data at Both Ends[J]. Power System Technology,2000,24(2):45-49.

收稿日期: 2004-10-13; 修回日期: 2004-11-22

作者简介:

刘涤尘(1953-),男,教授,长期从事电力系统自动化方面的科研与教学工作;

张琳(1979-),女,硕士研究生,研究方向为专家系统在电力系统中的应用。E-mail: fresh1018@21cn.com

Implementation of relay information analysis and management expert system for power system

LIU Di-chen, ZHANG Lin, QI Xiao-man

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: An expert system based on model reasoning and database technology for protective relay and fault information management system is discussed. The expert system interprets data from the supervisory, control and data acquisition (SCADA) system, plus the data captured by fault recorders and modern relay with inbuilt fault recording capabilities. Within this expert system, both technology model based reasoning and database are utilized, so it can diagnose the fault accurately and quickly, and relieve the burden of operators greatly.

Key words: relay protection; expert system; model based reasoning; fault information management