

发电厂继电保护综合分析管理系统的研究

余伟权¹, 黄震宇², 蔡泽祥²

(1. 广东省粤电集团有限公司珠海发电厂, 广东 珠海 519050; 2. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640)

摘要: 介绍了一种基于面向对象设计的发电厂继电保护综合分析管理系统。该系统将继电保护整定计算、潮流计算、故障计算、动作仿真集成于统一的图形数据一体化分析平台。图形平台以发电厂电气主接线为背景, 提出了基于捕捉点的全网拓扑形成的三层模型, 实现了电气接线图绘制、运行方式设置、参数查询、计算结果显示等功能。故障计算结果可转化为 Comtrade 格式的录波文件, 通过继电保护测试仪与继电保护实际装置接口, 为保护装置测试提供了一个面向实际电网运行方式的分析环境。该系统已在珠海发电厂投入运行, 效果良好。

关键词: 发电厂; 继电保护; 管理信息系统

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)23-0015-05

0 引言

发电厂继电保护分析和管理工作是一项重要的技术基础工作, 其内容繁杂、技术要求高。当前, 电网的继电保护故障分析和整定计算软件的研究开发工作已经展开了很久了, 并已经取得了一定的成果, 很大程度上减轻了电网保护整定计算人员的工作量^[1,2]。而目前在发电厂故障分析和保护整定计算的平台的研究开发工作还是很欠缺的^[3], 大多数发电厂仍然采用人工计算进行故障分析和保护整定, 这与当今计算机技术迅猛发展的时代不相适应, 迫切需要一个界面友好、功能实用的计算机继电保护综合分析管理系统来帮助人工整定。

发电厂的继电保护由于设备的分散性和本身的复杂性, 目前仍然缺乏一个成熟的继电保护综合分析管理系统, 满足从日常继电保护分析计算、事故分析到继电保护图纸、文档、数据的闭环管理的需求。许多电厂的继电保护图纸、定值仍然采用当初投产时设计单位提供的文档, 长期缺乏有效的更新和校核, 从而给电厂的安全生产带来极大的隐患。

基于以上实际需求, 本文旨在建立一个以实际机组及电气部分为背景的发电厂继电保护综合分析与管理系统的。

1 发电厂继电保护综合分析与管理系统的总体架构

针对发电厂继电保护的特殊性和日常继保人员工作的习惯以及工作流程, 并结合发电厂各种技术需要, 实现各种模块的集成, 设计了如图 1 发电厂继

电保护综合分析与管理系统的总体架构。

由图 1 可知, 本系统由几个模块组成, 包括技术文档管理模块、图形模块、数据管理模块、核心计算模块和输出模块。

本系统为 C/S 结构 (Client/Server, 客户端/服务器结构)^[4], 基于主流的面向对象编程思想开发, 模块层次关系设计清晰, 功能模块封装独立, 代码移植性强, 从编程技术和设计模式上保证了系统的开发、运行和维护的效率, 并为系统后续升级开发保留了拓展空间。系统主要分成五层结构, 也就是上述的五个模块。系统的开发环境 Visual C++ 6.0 是微软的系列产品, 能保持最好的兼容性, 且支持到底层操作。服务器数据库采用 Oracle 数据库, 而客户端采用相对小巧的 Office 中的桌面数据库平台 Microsoft Access 来实现。数据库与软件之间采用较成熟的 DAO 编程接口, 可快速高效地对 Access 数据库进行操作, 且能被 VC6.0 Class Wizard 直接支持, 利于数据交互。

2 系统的 C/S 数据库体系结构

以网络技术为基础, 强调以分布式进行信息处理的客户/服务器体系结构, 已成为当今信息管理系统的主流环境。C/S 结构主要是指将一个数据库系统分解为前台的客户 (或称前端), 应用程序和后台的服务器部分, 通过网络连接应用程序和服务器。这种结构的核心是客户应用程序仅仅发送服务请求, 一切由服务器完成, 结果发回客户应用程序。

但根据发电厂继电保护综合分析管理系统的实际需要和要求, 这种传统的 C/S 结构并不能满足要

求,或者说不是很符合该系统的实际运用。因为发电厂继电保护综合分析管理系统的客户端最重要的功能是对厂网进行各种计算,包括潮流计算、故障计算、整定计算和动作仿真等,而这些计算并不需要传统的直接和服务器互连的 C/S 结构,而只需要把厂网的接线图和各个元件的参数保存在本机数据库里,就可以进行以上的计算。如果是运用传统的 C/S 结构,当计算需要某个数据时才向服务器发送请求,由于网络传输等问题,必定影响效率,而且是不必要的。本系统采取的 C/S 数据库体系结构可理解为一个弱 C/S 结构,主要思想为:设立系统管理

员,主要对服务器端的数据库进行维护,厂网接线的改变和元件参数的改变,由系统管理员管理,改变经由程序上传到服务器端数据库。客户端通过程序把必需的数据从服务器中下载下来,保存在本地数据库里,需要调用数据时只在本地调用,减少了和服务器交互的时间。由于一个发电厂的接线和元件的参数不会经常修改,所以这种做法是可取的。而且可以在服务器数据库中对数据的新旧做一个定义,当客户端数据与服务器端数据有不同步时,提示用户更新数据库。

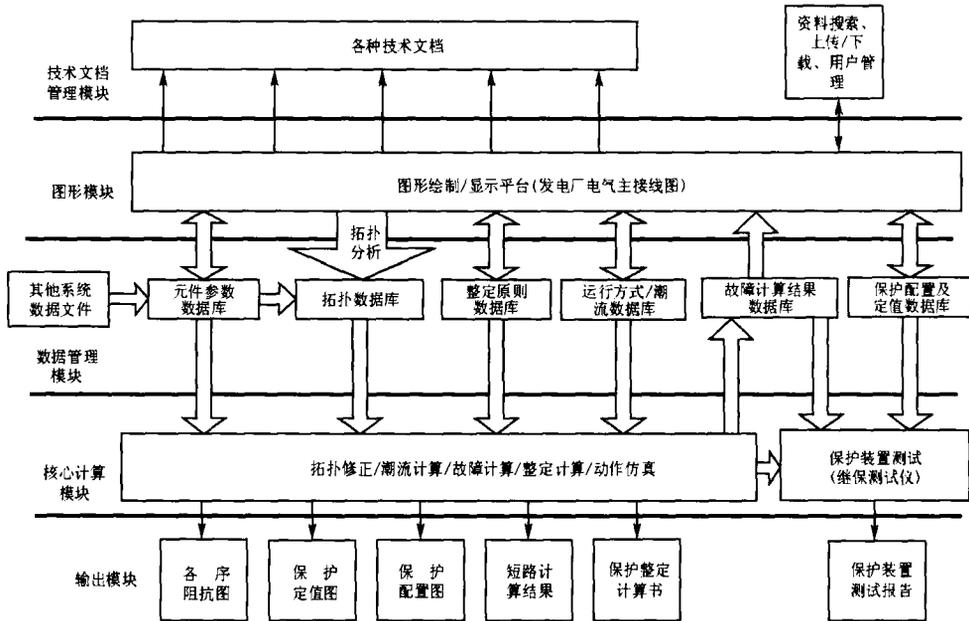


图 1 发电厂继电保护综合分析管理系统结构图

Fig 1 Structure of the management information system

本系统具有基本的发电厂继电保护设备基本台账和参数的管理功能,用于电气部分分析计算和继电保护技术管理。包括以下主要数据库:设备台账/参数数据库、拓扑数据库、运行方式/潮流计算结果数据库、故障计算结果数据库和保护配置及定值数据库。

根据上述分析,本系统数据库包括二个层面,网络数据库用于存储管理以上所有数据库及技术文档图纸等全局数据,而根据厂网接线和参数数据库,可形成拓扑数据库、运行方式/潮流计算结果数据库、故障计算结果数据库,所以本地数据库于客户端核心计算程序数据暂存,只需要从服务器端下载厂网接线图和参数数据库,就可以进行各种计算。网络数据库采用与多数电厂主要 MIS 系统相同的 Oracle 数据库,以方便运行维护;本地数据库选择 Microsoft

Access来实现,规模小巧,设计和管理方便灵活,无需特别维护。本地数据库与网络数据库之间通过 C/S 方式上传、下载保持同步。如图 2。

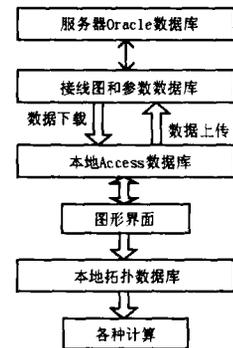


图 2 系统的 C/S 数据库体系结构图

Fig 2 Structure of C/S database system

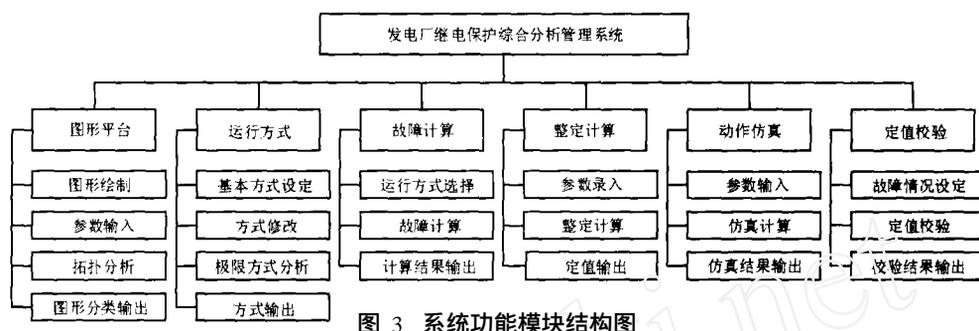


图 3 系统功能模块结构图

Fig 3 Function module structure map of the system

3 系统功能分析

根据发电厂继电保护技术管理要求,该系统按功能模块划分,主要包括:图形平台、运行方式、故障计算、整定计算、动作仿真和定值校验六个模块,每个模块都由输入、核心计算和输出这三个部分组成。系统功能模块结构图如图 3。

3.1 图形平台

图形化环境是当前软件开发的一个趋势,本系统采用图形数据一体化技术,以电厂电气接线图为基础运行界面,可由图形元件引导进入本系统各个模块。这一设计思路,一方面是由于继电保护分析基本围绕电气接线图进行计算的客观需要,另一方面是由于图形化管理为软件提供了友好的人机交互界面,实现了图形、信息一体化管理,充分发挥了计算机辅助分析计算准确、精度高、快捷、灵活的优势。

图形平台主要实现电气接线图绘制、运行方式设置、参数查询、潮流计算、故障计算、整定计算及其结果显示等功能。整个软件基于主流的面向对象编程思想开发,模块层次关系设计清晰,功能模块封装独立,代码移植性强,从编程技术和设计模式上保证了软件的开发、运行和维护的效率,并为软件后续升级开发保留了拓展空间。

目前在由绘图图元一直到全网拓扑形成的设计方面有很多效果良好的系统^[5,6]。本系统运用一种基于捕捉点(又叫 snap 点)的全网拓扑形成的三层模型。所谓捕捉点就是绘制接线图时设备图元的边缘的连接点。与其他模型对比,此由绘图到形成拓扑的三层模型具有如下特点:一是与绘图程序的紧密集成,系统设计简单高效,是一个实用、完整的图形化分析平台的系统设计。从绘图的 snap 点得到设备类的连接关系,根据设备的“节点-线段”等值模型可以将主接线图抽象为由节点和线段构成的

图,将图中的节点合并、线段合并,将主接线图等值为一个节点和边的集合构成的二元组,然后据此将图抽象为科学计算用的“母线-支路”拓扑模型,形成了一个完整的由绘图到拓扑的实现平台;二是图的分层存储的数据结构和拓扑算法设计,使得在接线图改变时程序可以高效地重新形成局部拓扑和全网拓扑快速改变拓扑而无须重新形成因子表和节点优化排序;三是符合电力系统潮流计算和故障计算的特点,按照它们对电网拓扑的需要进行面向对象的类的设计,充分利用面向对象设计的优点设计抽象出充分反映现实电网结构的图元类的继承和关联的模型;四是面向对象的设备类的电网拓扑类的设计,以及针对开断设备的消息传递设计,可以更好地模仿现实中的设备动作情况,使程序设计更加方便,也更容易扩充。

为了从图元的绘制得到全网的拓扑,我们按照从微观到宏观的视角定义由繁到简的三个层次的网络结构来模拟电网拓扑形成的三个步骤:图元绘制的“设备-捕捉点-连接点模型,经过简化的“厂站等值拓扑”模型,到最终的科学计算用的“母线-支路”等值拓扑模型。

图元的绘制程序中,判断图元是否相连接进而形成拓扑的有三种方式。一是用户人工输入形成拓扑,在后台数据库中填入元件之间的连接。这种方式最灵活和易于实现,但是效率低而且可扩展性较差,当网络变动时,需要熟悉这个数据库的用户来添加修改才可以保证拓扑数据的一致性。二是半自动形成拓扑,即由绘图程序形成拓扑数据库的框架以及一部分用于索引的列,然后图形-拓扑数据同步由用户手工输入,这样完成了几何图形的同时也就形成了拓扑。这种实现方式相对于完全的人工输入来说准确性有了一定的提高,但是依然难以避免人工输入时的误差。三是由几何图形的坐标信息自动

形成拓扑,根据图元的坐标信息,由程序自动用某种算法直接得到网络拓扑。这种方式实现算法较为复杂,但是效率和准确性得到了最大的保证。本系统采用的是第三种方法,并且引入了独特的基于“捕捉点”的拓扑形成的三层模型使其与绘图程序实现图形和拓扑数据的同步关联。图4是这种方法形成电网拓扑的框图。

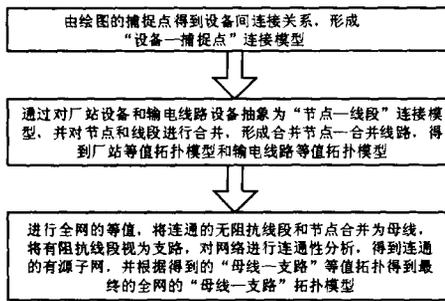


图4 由电网绘制到全网拓扑形成的流程

Fig 4 Process from elements drawing to topology forming

3.2 电气部分潮流计算软件

潮流计算软件的作用是用于分析电厂电气部分运行方式,并在故障计算程序中考虑负荷电流的影响。

潮流计算软件基于电气主接线图运行,可以在图设置运行方式,在图查看和显示计算结果。潮流计算算法采用常规的牛顿-拉夫逊法,计算效率较高,同时又保证了较高的精度,可以满足发电厂电气部分的潮流计算需要。

3.3 电气部分故障分析软件

故障分析软件是本系统最核心的计算软件,其作用包括:电厂电气部分故障校核、继电保护整定计算、继电保护仿真、事故分析等。

1) 能够基于电气主接线图方便地定义运行方式和故障条件(故障断面)。

2) 考虑各种负荷电流、电动机反馈电流下,电气部分各类短路故障计算。

3) 能够对计算结果进行全面分析,可以方便得到电流、电压的序分量、相分量,端口阻抗等信息。

4) 能够提供发电机故障端口转移阻抗,用于查询短路电流计算曲线,分别计算不同故障时间断面的短路电流。

3.4 继电保护的整定计算软件

该软件根据所计算的短路电流和保护配置依据相应的整定原则进行开关和元件的定值的整定计算,并根据用户选择对定值进行保存和修改。该软

件中采用自适应整定的方法,在保护的整定原则上,系统首先通过网图分析得出的各条线路的运行状态,再依据相应的保护整定原则向用户推荐,使系统初步智能化;在保护的校验上,系统在保护整定完成后可以根据用户设置的其他运行方式和检修运行方式对已有的保护定值进行校验计算,并根据校验出的灵敏度征求用户意见,进行重新整定或维持原有定值。

3.5 继电保护动作仿真软件

继电保护动作仿真软件用于分析在给定的运行方式和故障条件下,发电厂继电保护的启动和动作情况,可以分析和评价发电厂继电保护的配置方案和定值的正确性,也可用于电厂事故分析。

1) 基于电气主接线图设置仿真的运行方式和故障条件,基于潮流和故障计算结果和保护配置及定值数据库,给出所有保护的启动状态和动作结果,包括:正常动作、启动返回、越界动作、拒动等信息。

2) 可以在图设置保护装置定值等各种参数和状态信息等初始条件。

3) 基于设定的运行方式和故障条件,自动计算所有保护的灵敏度,生成继电保护灵敏度校验报告。

4 结论

可视化计算和仿真是电力系统计算软件的发展趋势。本系统以图形数据一体化建模,以电厂电气接线图为基础运行界面,通过电气设备的元件图形引导进入设备参数编辑、查询、综合分析计算、继电保护技术综合管理等模块。本系统基于网络数据库环境,实现资源共享和参数、资料管理的规范化,保证了技术文档的统一性和权威性。本系统的建立为电厂继电保护专业提供了一个先进的综合分析与管理平台,将极大地提高继电保护运行管理水平,保证电厂安全运行。

参考文献:

- [1] 胡大良,郁惟镛,房鑫炎.地区电网继电保护整定计算及管理系统研制[J].电力系统及其自动化学报,1997,9(2):42-45.
HU Da-liang, YU Wei-yong, FANG Xin-yan. Research on Computer Setting Calculation and Database Management System in District Power Network [J]. Proceedings of the CSU-EPSSA, 1997, 9(2): 42-45.
- [2] 吴晨曦,盛四清,杜振奎,等.地区电网继电保护整定

- 计算智能系统的研究 [J]. 继电器, 2004, 32 (7): 35-44
- WU Chen-xi, SHENG Si-qing, DU Zhen-kui, et al Study of Intelligent System for the Setting Calculation of Relay Protection on Local Power Network [J]. Relay, 2004, 32 (7): 35-44
- [3] 孔华东, 陈兴华, 蔡泽祥, 等. 面向对象的发电厂继电保护技术管理与培训系统 [J]. 电力自动化设备, 2001, 21 (4): 33-36
- KONG Hua-dong, CHEN Xing-hua, CAI Ze-xiang, et al Object-oriented Technical Management and Training System of Power Plant Relay Protection [J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21 (4): 33-36
- [4] 郑春姬, 宋海, 金正淑. 一种继电保护信息管理系统的设计与实现 [J]. 吉林电力, 2001, (3): 55-56
- ZHENG Chun-ji, SONG Hai, JIN Zheng-shu Design and Realization of Relay Protection Information Management System [J]. Jilin Electric Power, 2001, (3): 55-56
- [5] 莫毅, 方明, 尹贤龙. 电力系统图形化短路计算及继电保护 CAD 软件的开发 [J]. 继电器, 1999, 27 (5): 49-50
- MO Yi, FANG Ming, YIN Xian-long Development of Graphical Based Power System Short Circuit Calculation and Relay Protection CAD Software [J]. Relay, 1999, 27 (5): 49-50
- [6] 董张卓, 秦红霞, 孙启宏, 等. 采用面向对象技术和方法的电力系统网络拓扑的快速跟踪 (一)、(二) [J]. 中国电机工程学报, 1998, 18 (3, 4): 169-181.
- DONG Zhang-zhuo, QIN Hong-xia, SUN Qi-hong, et al Object-oriented to Fast Tracking of Topology for Power System (I, II) [J]. Proceedings of the CSEE, 1998, 18 (3, 4): 169-181.

收稿日期: 2006-01-10; 修回日期: 2006-09-23

作者简介:

余伟权 (1970-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事火力发电厂技术管理工作; E-mail: zhps_ywq@163.net

黄震宇 (1980-), 男, 硕士, 主要从事继电保护与安全监控的研究;

蔡泽祥 (1960-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统继电保护、电力系统稳定分析与控制的研究。

Management information system for the comprehensive analysis of power plant relay protection

YU Wei-quan¹, HUANG Zhen-yu², CAI Ze-xiang²

(1. Zhuhai Power Plant, Guangdong Yuedian Group Co., Ltd, Zhuhai 519050, China;

2. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: An object-oriented design based management information system for the comprehensive analysis of power plant relay protection is introduced, and the computation of relay setting, load flow and fault process, and the simulation of relay action sequence are implemented in a graphic model integrated platform. The graphic platform is based on the electrical configuration diagram of power plant, a novel three-layer model for topology analysis is proposed, and the diagram drawing, the operation mode setting of power plant, the display of results can be easily implemented. The results of fault analysis can be output to the relay testing device based on Comtrade Standards, so the relay testing can be performed under the real operation mode of large scale power system. The system have been run in Zhuhai Power Plant, and the results are satisfactory.

Key words: power plant; relay protection; management information system

南平电业局开通抢修车全球卫星定位

2006年11月10日,经过前期的试营运稳定后,福建省南平电业局正式启用了GPS车辆监控调度系统,第一期有20辆电力抢修车正式安装上了GPS终端。安装有终端的抢修车无论在南平市的任何地方,控制中心只需电脑鼠标轻点,便能清楚地看到车子所在的具体位置。

该GPS车辆监控调度系统采用最先进的GPS全球卫星定位,调度员可以迅速知道抢修车方位,并统筹安排抢修车前往最近的故障点。透过指南中心的南平市电子地图,可指引抢修车以最便捷的行驶路线,第一时间到达现场。并可透过该系统的图像传输功能,把前方抢修图像传回指挥中心,进行专家分析。