

110 ~ 500kV 电网继电保护整定计算专家系统研究

吕飞鹏¹, 李华强¹, 张军文², 王建², 杨华², 陈军², 黄震²

(1. 四川大学电气信息学院, 四川 成都 610065; 2. 四川电力调度局, 四川 成都 610016)

摘要: 应用面向对象的系统设计方法、基于智能代理者的整定计算新方法, 研制成功了 110 ~ 500kV 电网继电保护整定计算专家系统, 其独创的定值计算方法和计算管理窗口平台, 充分发挥了日常整定计算专家的经验知识, 保证了计算结果的准确性、可靠性和实用性。

关键词: 电力系统计算; 继电保护整定计算; 面向对象的专家系统

中图分类号: TM77 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2000)03-0029-04

1 引言

随着电力系统的飞速发展, 电网规模日益扩大, 网络结构日趋复杂, 再加上系统运行方式的变化多样, 特别是二滩电站的投运, 四川电网同时出现多回 500kV 输电线和变电站, 都给现有的传统手工作业方式的电网保护整定计算和定值管理带来了很大困难。尤其零序电流保护整定值受系统运行方式、设备检修等导致的网络参数和结构变化影响较大, 使得其整定计算更加复杂繁琐, 重复计算工作量非常大, 耗时较长, 而且还不一定能够得到最优方案。

利用一系列软件新技术和作者研究的整定计算新算法, 研究开发成功了一种基于 Windows98 平台, 能够适合多种不同运行方式, 快速准确地计算出整个电网继电保护整定值, 并制定出最优的保护定值运行方案的微机智能软件系统, 从而将原来几个星期甚至几个月的手工计算工作量, 减少到几分钟或最多几天就能全部完成, 成功实现了高效数据库管理和快速定值计算方法的有机统一, 实现了电网零序电流保护、相间距离保护、接地距离保护、变压器零序电流保护整定计算全过程的微机化、自动化和智能化, 把整定计算人员从长期所依赖的半手工、繁琐的日常计算管理工作中彻底解放出来, 确保继电保护整定值的准确性, 全面提高了继电保护整定计算工作的自动化水平, 保证了电网

安全稳定运行。

2 系统结构

系统总体结构如图 1 所示。主要包括以下几个部分:

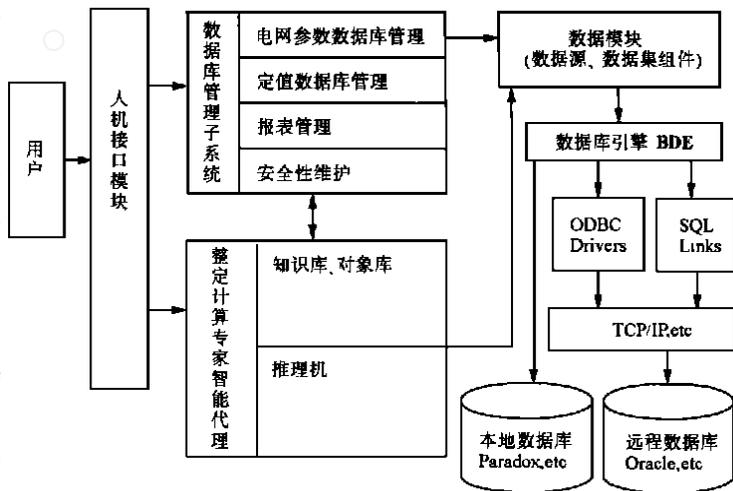


图 1 系统总体结构示意图

(1) 网络参数数据库管理系统: 负责电网数据的建库、编辑、数据共享等。正序、零序网拓扑联结信息、线路参数以及保护安装信息分别通过相应的支路对象、节点对象、保护继电器对象来组织管理建库, 提供完善的在线检错措施和对象数据库之间的交叉参照功能, 并辅于内建的对象图形数据库, 充分保证待整定网络建库、扩建、查询、管理的形象直观、简便、快捷、可靠。

(2) 保护定值数据库管理系统: 负责定值计算结果、计算原则等存储管理, 按多种条件查询保护定值计算和灵敏度校验结果、中间计算结果以及所选用的计算方式, 计算规则, 查询时可人工干预重新计算修改所选定保护定值计算条件和原则等。

收稿日期: 1999-09-07

作者简介: 吕飞鹏(1968 -), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为电力系统继电保护及其综合信息处理智能系统。

(3) 报表管理:查询、预览、打印电网数据库及定值数据库数据报表。

(4) 系统安全性维护:由系统管理员设定授权具体整定计算操作人员,各级操作人员均可设置自定义口令,充分保证系统运行的安全性、独立性,管理工作的有组织性。

(5) 保护整定计算智能代理:充当实际整定计算专家的智能代理,集成考虑线路零序互感后的故障快速计算模型和整定计算微机算法,集成零序保护、相间距离保护、接地距离保护整定计算原则和专家经验知识,提供自动、人工两种计算模式,在一般情况下采用自动计算模式,自动选择计算方式和计算原则并完成全部计算工作,也可采用人工方式逐套计算;在特殊情况下为保证计算结果的可行性,需要人工干预,此时可选择人工方式全面控制定值的计算决策过程。计算结果以及所有重要的中间环节数据全部由数据库记录管理。充分保证定值计算的高效率以及计算结果的可靠性、工程实用性,并考虑网络改建和扩建后对原有保护定值的修正和对新增保护整定计算的便利性。每套保护都有独特的计算平台方便人工干预和查询定值决策过程,保证计算过程的透明性。计算人员可预设各种系数、最大时限、时限级差、系统最大、最小运行方式以及元件检修方式、联络线保护定值等项目。

(6) 数据模块用于引入数据集,实现数据访问链路和封装数据访问规则,并将数据访问链路 with 用户界面组件分离。Borland 数据库引擎 BDE 和数据模块良好的可伸缩性 (Scalability),使得只需简单修改数据集连接到一个远程 SQL 数据库服务器,便能使系统平滑地升级过渡到与局 MIS 系统相连的多层瘦客户分布式计算管理环境。

3 系统设计

系统设计全面采用当今先进的面向对象技术 OOP(Object-Oriented Programming)、智能代理者(Intelligent Agent)理论、关系数据库理论、动态内存分配技术、异常处理技术、多线程技术、OLE 自动化服务器以及组件导向的可视化设计技术,采用 Borland Delphi 编程,实现了电网零序电流保护、相间距离保护、接地距离保护整定计算管理工作全过程的微机化、

自动化和智能化,建立了与 Windows98 完全一致的可视化窗口计算环境,以及完善的动态帮助提示,操作简便直观。

通过对电网信息面向对象的建模分析,建立了独特的电网数据库管理员对象、支路对象、节点对象和保护继电器对象模型,藉此并通过关系数据库来组织维护管理不同操作员建立的多个电网正序、零序网支路信息,厂站信息及保护安装信息等,如图 2 所示。

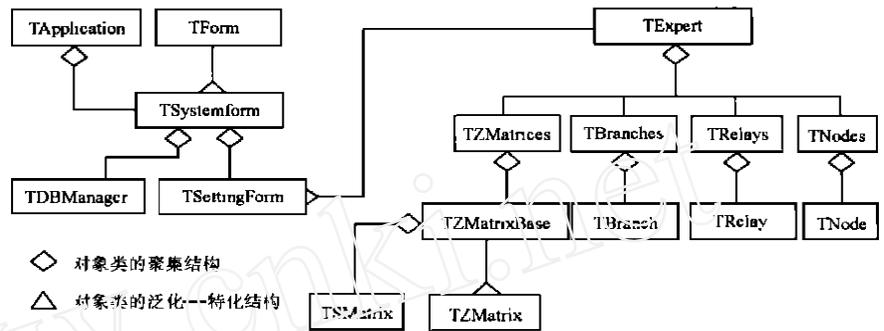


图 2 系统类层次结构示意图

利用独立研究开发的整定专家对象模型 TExpert 来组织存贮整定专家经验知识、整定配合算法如故障计算、分支系数计算等,并充当实际整定计算专家的智能代理,利用支路对象、节点对象、保护继电器对象以及节点阻抗矩阵对象等来存贮整定计算所需电网信息;利用 Borland Delphi 内建的数据库对象等来存贮管理电网数据库和保护定值数据库,实现了高效的数据管理与快速整定计算方法的有机统一。

本系统中所建立的类层次结构模型,有效地实现了电网数据和整定知识分类分层表达和组织存贮,有效地集成了多种知识表示风范(框架、过程、规则等)以及多种知识处理方法(消息传递推理、链式规则、继承推理等),降低了软件系统的复杂性,减少了知识表达冗余和数据冗余,提高了计算效率,增强了系统可靠性、灵活性、可重用性、可维护性和可扩充性。

4 系统计算原则及计算方法

系统软件严格遵照电力部颁发的《3 ~ 110kV、220 ~ 500kV 电网继电保护装置运行整定规程》,紧密结合四川主网实际情况和四川电力调度局具体工作需要和以往整定经验,集成了作者提出的变结构变参数电网互感/无互感线路故障快速递归计算方

法、保护范围的直接计算方法(详见另文)以及多环复杂电网保护最优整定配合方法等一系列最新研究成果,从而极大地提高了计算速度和程序的智能化水平,保证了计算结果的准确性、工程实用性和计算决策过程的透明性,保证了定值计算管理工作的高效率和灵活性,彻底避免了保护整定计算传统算法繁琐、重复计算量大等缺陷。

对零序电流保护保护范围的计算,传统算法是采用迭代法(如0.618黄金分割法),需要反复迭代计算才能得到。我们所提出并实际采用的新算法原理如下:在线路上任意假设一短路点,将短路点故障口电流向线路两侧母线节点等值转移,再通过解线路零序短路电流方程的方法来直接得到保护范围,因此能够大大减少相应计算量,提高计算速度。此方法适用于互感/无互感线路。

5 系统功能特点

本专家系统实现了高效的数据库管理和快速数值计算方法的有机统一。应用整定专家经验知识,最大限度地全面实现了整定管理工作的自动化,同时提供了丰富灵活的人机干预能力,从而能够充分发挥利用整定人员的能动性和计算经验,保证了计算结果的工程实用性、准确性、可靠性和计算过程的开放性。其主要功能如下:

1) 系统安全性维护:

(1) 由系统管理员授权指定合法的多个整定计算操作员;

(2) 每个操作员可单独设置自己的口令,从而可有效防止非法用户使用,保证了系统安全性和计算管理工作的有序性。

2) 电网参数数据库建库及管理:

(1) 在参数输入过程中,利用数据库多线程技术,通过一背景线程自动进行数据有效性检验,并辅之于形象直观的元件图形,有效防止输入非法数据;

(2) 在修改已建电网数据库数据后,自动进行数据库一致性维护;

(3) 输入参数与实际电网一一对应,操作员无须记忆复杂的数据格式;输入参数可任选标么值或有名值。

(4) 核对、查询、修改数据简便快速,相同信息的输入修改只需操作一次;

(5) 以清晰明了的数据报表预览、打印输出电网数据库参数;

(6) 零序保护、相间距离、接地距离保护,乃至不

同操作员,都可方便地实现电网数据共享,避免了重复建网和数据冗余。

本系统所采用的电网数据管理模式,彻底摒弃了传统计算程序采用文本文件存贮电网参数所带来的在参数输入格式、修改、查询等方面的缺憾,故尤其适用于大规模电网建库及管理。

3) 电网保护整定计算及定值管理:

由于采用微机全网自动计算与灵活的人机干预紧密结合的计算策略,最大限度地减少了人工干预,充分保证了计算结果的工程实用性、准确性、可靠性、开放性和透明性。其主要功能如下:

(1) 计算管理不同操作员建立的多个电网的零序电流保护、相间距离保护、接地距离保护定值,适用于110-500kV电网各种电压等级的混合计算,并自动考虑零序互感影响,计算输出结果为一次或二次有名值,能自动适应电网新建扩建等导致的电网拓扑结构和参数的变化;

(2) 自动计算全网保护或指定局部网络保护的各段定值:各个保护每段定值都有独特的计算桌面,用于全面反映该保护当前定值的计算情况,如所选用的计算原则,相邻线路的开断,分支系数大小,保护配合情况,短路点、短路电流、灵敏度大小及计算条件等重要信息;同时,该计算桌面提供了用户灵活干预定值计算的便利环境,如选择计算规则,选择配合对象和计算结果,自定义短路点,选择线路投切方式,选择可靠系数等。

(3) 用户也可完全按自己选择的计算条件和计算原则,逐套保护依次计算所有计算内容,具有最大的灵活性。

(4) 以明了、清晰的定值报表预览、打印全网保护或指定保护的各段定值以及详细的相关中间计算结果和决策过程。

(5) 零序电流保护、段定值计算两组定值:双回线考虑本线另一回开断、双回运行。

(6) 通过计算桌面可按各种条件顺序查询、随机查询各段定值并干预计算结果,并可随时查看当前保护、相关保护线路及厂站详细信息。

(7) 计算规模仅受限于微机内存大小,计算速度快捷。

6 实际应用情况

本软件已成功用于二滩电站接入四川系统220~500kV电网保护整定计算工程,并被国调中心采用,其计算结果准确,可靠性高,通用性好,实用性

强。使用该软件极大地提高了工作效率,且计算结果准确性更高,能确保电网安全可靠运行。该软件于1998年12月被四川省电力工业局鉴定为“成果水平全国领先”,并被四川省电力工业局评为1999年四川电力科学技术进步一等奖,已在四川电力调度局成功运行近一年并在四川省推广应用。

7 进一步的研究

本系统已具备初步的定值管理功能,为实现全部日常定值管理工作的自动化,还需进一步完善以下功能:零序电流保护、距离保护辅助定值、发电机、变压器、母线、高频、电容器、电抗器等元件保护定值和安控装置定值、故障录波定值等的计算,以及保护定值卡、定值通知单文档等的综合管理,同时集成故障分析计算功能,使之成为功能强大的继电保护综合计算和信息管理软件包。目前,我们正在进行这

方面的研究开发。

8 结论

本项目研究成功用于110 ~ 500kV电网零序电流保护、相间距离保护、接地距离保护整定计算专家系统,为保护整定计算和定值管理工作提供了现代化智能工具,从而把整定计算人员从复杂繁琐的日常计算工作中彻底解放出来,全面提高了保护整定计算管理工作的自动化水平,确保了保护定值的准确性,对电力系统安全稳定运行,具有极其重要的技术经济价值和现实意义。本专家系统具有较高的实用价值和推广应用价值。

参考文献:

- [1] 吕飞鹏,米麟书,等.面向对象的电网零序保护整定计算CAD系统的研究.电力系统自动化,1997,21(11).

Studies on the expert system for setting and coordinating protective relaying in 110 ~ 500kV power networks

LU Fei-peng¹, LI Hua-qiang¹, ZHANG Jun-wen², WANG Jian², YANG Hua², CHEN Jun², HUANG Zhen²,

(1. Sichuan University, 610065 Chengdu, China; 2. Sichuan Power Dispatch Bureau, 610016 Chengdu, China)

Abstract: Based on the new setting method using intelligent agent principal, a set of expert system software for setting protection in the 110~500 kV transmission network is successfully developed, in which the object-oriented system analysis and design method is applied. The heuristic knowledge of routine setting experts is completely integrated through its unique computation method and the window platform for setting and management, thus the accuracy, reliability and practicability of the final calculation results are fully guaranteed.

Key words: power system computation; power system protection setting and coordinating; object-oriented expert system