

可视化发电厂继电保护整定计算系统的研究

王慧敏¹, 刘沪平¹, 郭伟¹, 刘建民²

(1. 东南大学电气工程系, 江苏 南京 210096; 2 江苏滨海供电公司, 江苏 滨海 224500)

摘要: 对可视化发电厂继电保护整定计算系统进行了通用性和实用性研究, 继而对其进行了总体设计和功能分析。系统通过可视化的方法, 使用户可以直观地进行故障分析并结合自己的经验进行保护定值的整定。

关键词: 继电保护; 故障分析; 整定计算; 可视化

中图分类号: TM772 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)21-0014-04

0 引言

正确的继电保护定值是防止事故发生和扩大的基础。目前, 发电厂短路电流及主设备保护整定计算工作, 大都还采用人工进行手算, 这显然与当今计算机技术迅猛发展的时代不相适应。可视化发电厂继电保护整定计算系统是为简化继电保护整定工作人员的工作而设计开发的, 它应用计算机技术, 使原本枯燥的短路电流计算和保护整定计算变得形象具体, 有利于提高工作效率。

与电网相比, 发电厂的设备种类很多, 而且每一种设备所配置的保护原理也多, 尤其是主设备^[1]。这么多原理的保护不仅整定工作复杂, 而且定值的管理工作难度大。又由于主设备内部故障, 各种故障电量和非电量的分析非常复杂, 目前的故障分析水平还只限于设备引出端, 所以整定过程必然需要整定人员的经验, 而每一个整定人员的经验是有区别的。这些因素增加了开发发电厂保护整定软件的难度。但具体到某一个保护, 因不需考虑与相邻保护的配合关系, 它的整定过程要相对简单, 所以在另一方面又降低了软件开发的难度。

1 通用性和实用性研究

考虑到发电厂设备保护配置的复杂性, 不同厂家生产的保护装置其整定过程存在差异性以及整定过程中需要用户的经验等现状, 只有设计出一种具有良好通用性和实用性的电厂保护整定计算系统才能满足实际要求^[2]。

1.1 通用性研究

具有通用性的继电保护整定计算系统应该能适应不同的电厂结构、不同电气设备配置的不同保护、不同结构和测量原理的(已经使用的和未来使用的)保护装置、不同用户的特殊情况等。要满足这

些要求, 需要解决:

- 1) 允许用户自行确定运行方式。
- 2) 管理各类不同保护装置的定值以及计算这些定值所需要的各种数据。
- 3) 按规程规定的一般要求、电厂主接线的实际情况和保护装置的类型计算保护定值。

1.2 实用性研究

一个实用的继电保护整定计算软件, 除了需要解决上面提到的通用性问题外, 还要考虑以下几个方面的问题。

1) 具有处理继电保护整定计算整个过程中全部工作的能力。继电保护整定计算工作是一个复杂的过程, 这个过程包括多个环节, 一般有一次系统的数据收集和管理、一次系统数据的再处理、故障计算分析、保护配合计算、保护配置和保护装置特性数据的管理、保护装置定值计算、定值管理和传送等。如果只有或缺少某一环节, 将使程序的实用性受到很大影响。

2) 要保证数据的一致性、继承性和安全性。继电保护整定计算涉及到多种数据, 如一次系统数据、保护配置数据、保护定值数据等, 各类数据之间既有联系又各不相同。这些数据的安全性、各类数据之间的一致性、前、后数据的继承性问题, 都是实用性要考虑的重点。

3) 要有一个方便、直观、协调一致的用户操作环境。继电保护整定计算程序一般由多个模块组成, 因此要考虑各模块之间的协调运行, 尽量减少用户界面, 在主界面上应可以调用其他功能模块, 尽可能采用内嵌模块的方式, 保持所有界面的显示、操作风格一致, 使其具有较强的整体感。在适当的地方采用图形界面, 使用户界面更直观、更清晰。

4) 另外还要考虑对运行环境的要求、可维护性和个性化问题等。

2 系统总体设计

在设计系统时,特别强调了系统的模块化特点和可视化特点。模块化特点使得系统的内容易于扩充,系统提供尽可能多的保护整定模块以满足大多数电厂用户的需要;可视化的特点就是将抽象的原理以图形、文字等直观易懂的方式表示出来,它不仅方便用户理解保护的整定原理,而且整定原则是依据《大型发电机变压器继电保护整定计算导则》,可以确保整定过程的正确性。同时整定过程是在用户的参与下完成的,增加了整定结果的可信度^[3]。

该系统提供一个开放的平台,用户可利用这个平台去进行发电厂的故障分析和设备的保护整定。系统总体结构有五个模块组成:图形建模模块、故障分析模块、整定计算模块、故障仿真模块及数据库管理系统(DBMS)模块。各模块又有多个子模块组成,如图1所示。

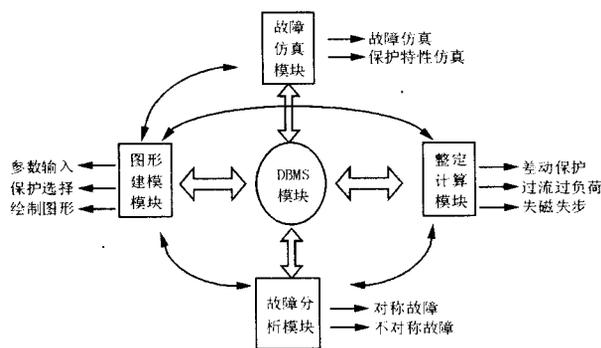


图1 系统总体结构示意图

Fig 1 General system structure

DBMS模块是一个具有中枢作用的模块,其它各模块都需要与其进行双向信息的交互。图形建模模块中的各子模块需要将各种信息如元件的原始参数信息、保护配置的信息等存放于数据库中,当用户需要查看某些信息时,可从数据库中取出通过人机界面与用户交流。故障分析模块需要将短路计算结果存放在数据库中,而故障分析所需的元件原始参数需要从数据库中读取。整定计算模块也需要将用户选定的保护的整定计算结果存放于数据库中,当进行定值输出的时候再从中读取。故障仿真模块在进行仿真时首先需要从数据库中读取元件的原始参数,再把仿真后的结果存放在数据库中,以便为保护的配置、保护定值的灵敏度校验提供参考。

图形建模通过图形操作界面与用户直接交互信息,除了与数据库管理模块的联系外,与其它各模块

的联系也非常紧密。因为每个模块都需要用户实际的参与和决策,用户的决策将通过人机界面反映在整定系统中,最终的参与结果又将通过人机界面反馈给用户。用户可以不断地通过人机交互设定所需参数,直到结果满意为止。

故障分析模块、整定计算模块和故障仿真模块是整定计算系统最核心的三个部分。故障分析模块为整定计算模块提供故障电流的数据,故障仿真模块为整定计算提供保护配置参考和灵敏度校验参考。

系统选用 Windows 2000 作为开发平台,采用 AutoCAD 作为绘图工具,绘制的图纸以 AutoCAD 通用接口(DXF文件)格式存储,用面向对象的程序设计方法编制接口程序,读取 AutoCAD 的 DXF 文件,将图纸在 Visual Basic 6.0 编制的图形编辑环境下重新绘制,形成以元件为基本单元的图形数据库。考虑到发电厂设备整定计算公式具有形式简单、数量多、同种保护类型计算公式相似的特点,可将同种保护定义为一个类,用 XML 编写整定计算公式,利用 VB 编程从数据库中获取数据给公式中的相应变量赋值即可算出整定结果。由于整定计算中涉及到很多设备参数和故障分析、整定计算、故障仿真的中间结果和最后结果,系统采用 SQL Server 2000 作为可编程的数据库管理系统标准。

3 系统功能分析

上述的五个模块分别完成特定的任务,同时又相互联系、相互依赖,组成一个有机整体。

3.1 图形建模模块

图形建模是可视化编程的一种体现。它提供一个专用的绘图工具,用户可以通过图形操作界面绘制系统图,输入原始参数,由计算机自动识别系统网络结构,并根据需要建立相应的电力系统网络数学模型。通过人机界面,用户可以选择保护配置,设定故障类型和故障点,选择保护用到的 CT、PT 信息。图形建模是实现可视化的故障分析和整定计算的基础。

在图形建模中实现的功能有:

- 1) 提供发电厂内元件设备工具箱,用户通过使用工具箱里的工具就可以绘制或修改发电厂的主接线图。
- 2) 系统图全局操作。包括系统图的新建、保存、另存、删除、滚动、缩放等。
- 3) 图形设备一般编辑操作。包括图元的选中、

新建、剪切、复制、粘帖、删除、移动、缩放、排列等常规操作。

4) 对设备能输入或修改参数,并能配置保护。输入或修改完毕,数据就进入相应的数据库,并对参数进行标么值计算。删除设备时也就从数据库中删除了相应的数据。

5) 设备连接功能。设备之间连接有友好的操作提示,符合电力系统接线的连接规范,如两点连接电压等级是否一致的检测,避免错误或无效的连接。根据设备之间的连接关系,可以建立接线系统的网络拓扑结构,为自动形成节点导纳矩阵及故障计算做准备。

6) 图元维护。每一种设备类型对应一个图元,系统提供图元的编辑操作主要有:图元浏览、图元外观编辑、图元对应设备连接端点的设置,图元对应设备类型的选择等。

7) 设置运行方式。允许用户通过设置外接系统阻抗的大小和断路器的分、合状态设置系统的几种运行方式。

8) 设置系统图间的所属关系。发电厂的系统图不可能在一个界面上全部表示,尤其是厂用电系统,为此,允许用户关联系统图之间的所属关系。

3.2 故障分析模块

故障分析模块主要为了实现发电厂设备引出端

发生各种类型的故障时计算短路电流的功能^[4,5]。具体实现的功能有:

1) 提供设置故障的人机对话接口。故障位置用醒目图形标示,而故障类型、故障相别通过人机对话接口设置,故障类型包括三相短路、单相短路、两相短路、两相接地短路等。

2) 允许一次设置多种简单故障,如单个故障点有多种故障类型或同种类型在许多故障点发生,以满足用户选择和比较计算结果的要求。

3) 自动根据所属系统的性质选择故障分析方法进行故障分析。对厂用电系统还可以计算母线自启动情况下的各种数据。

4) 自动进行节点编号和阻抗图显示及打印。

5) 自动生成序网图。对于不对称故障,自动生成正序、负序、零序三序网图。

6) 输出故障分析结果,可以选择输出所有结果,即故障计算书(表格形式),也可以选择输出单个计算量,以供保护整定时用。

3.3 整定计算模块

整定计算模块是整定系统的核心,它根据保护配置情况,从原始参数数据库提取与整定计算相关的原始数据,根据保护装置整定原则,计算保护定值,整定结果存入定值数据库以备查询和输出。发电厂整定计算及保护类型如图2所示^[1]。

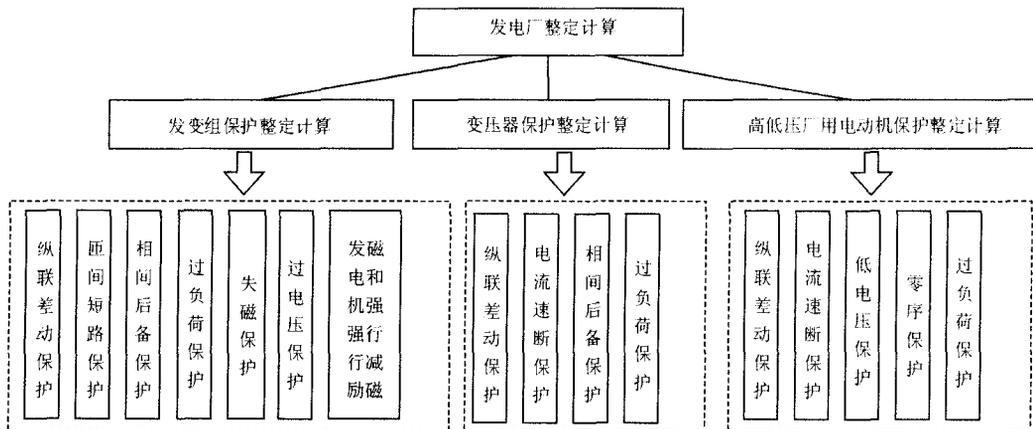


图2 发电厂整定计算及保护类型

Fig 2 Setting calculation and protection types in power plant

整定计算模块的功能有:

1) 需要用户根据实践经验决定的参数(如可靠系数等)由用户选择或输入,对选择的范围和一般情况进行实时提示,并给出默认值。

2) 设备参数(如额定电流等)由程序自动填入。

3) 需要通过短路计算获得的数据,由用户选择短路计算的条件,在故障分析模块中进行计算。

4) 各个数据间的运算关系由程序完成,用户只需保证所有数据都完备且有效,整定计算自动完成,整定结果以定值单形式显示。

3.4 故障仿真模块

对已建成的主接线图,故障仿真模块可根据需要在母线或设备引出端设置任意类型的故障,进行保护定值仿真,对定值进行校验,防止运行中继电器保护定值失配及灵敏度不足等问题,并可根据模拟故障的计算结果与继电器保护定值进行比较来判断继电器保护装置的動作行为。仿真完成后,自动生成完整的仿真报告,包括系统运行方式、故障地点、故障类型、相别、各故障量、保护定值、動作时间等。

故障仿真模块解决了困扰整定计算工作多年的计算出的整定值在系统故障前无法验证其正确与否的问题,同时可以进行故障中继电器保护装置動作行为的分析和事故预想等^[5]。可以大幅度提高工作效率和工作质量,为继电器保护工作提供了先进的管理手段。

3.5 数据库管理模块

发电厂设备和保护类型及不同厂家、不同机组的保护整定值需要保存;用户根据数据库提供的信息所选定的保护信息也需要保存,作为整定计算的依据。另外为了能与用户进行良好的交互,需要提供对原有保护整定计算结果的查询,以便扩建后的设备整定值与原有整定值进行比较。

数据库管理模块还实现用户对数据进行的有效管理功能。其管理功能主要有数据查询、打印、数据备份和删除等。另外为保证系统安全性,对用户的权限需要进行管理,即不同的用户权限对系统的使用范围是不同的。

4 结论

本文介绍了可视化发电厂继电保护整定计算系统的总体设计和各模块功能。它是传统理论与先进的计算机技术相结合的产物,它的实现能减轻发电厂继电保护整定人员的劳动强度,提高了整定计算的可靠性,具有满足社会需要的现实意义。可视化发电厂继电保护整定计算系统的开发研究,具有通用性和实用价值,它将随着知识的丰富和技术的发展而不断发展。

参考文献:

- [1] 崔家佩,孟庆炎,等.电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M].北京:水利电力出版社,1993.
CU I Jia-pei, MENG Qing-yan, et al. The Setting Calculation of Power System Relay Protection and Security Automation Device [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1993.
- [2] 陈青,刘炳旭,等.继电保护整定计算软件的通用型和实用性研究[J].电力自动化设备,2002,22(10):60-64.
CHEN Qing, LIU Bing-xu, et al. Study on Universality and Practicality of Application Software for Protection Setting Calculation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(10): 60-64.
- [3] 许光一.厂用电系统保护[M].北京:水利电力出版社,1985.
XU Guang-yi. Relay Protection of Electric Power System in Power Plant [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1985.
- [4] 袁斌,马维新,等.图形方式短路电流计算软件的研究[J].电力系统自动化,1997,21(3):43-46.
YUAN Bin, MA Wei-xin, et al. Studies of the Fault Analysis Program Based on Power System Topological Graphics [J]. Automation of Electric Power Systems, 1997, 21(3): 43-46.
- [5] 刘万顺.电力系统故障分析[M].北京:中国电力出版社,1998.
LIU Wan-shun. Fault Analysis of Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.

收稿日期: 2005-02-24; 修回日期: 2005-04-19

作者简介:

王慧敏(1980-),女,硕士研究生,研究方向为可视化发电厂继电保护整定计算系统、电力系统运行与稳定; E-mail: huiminlily@163.com

刘沪平(1980-),男,硕士研究生,研究方向为可视化发电厂继电保护整定计算系统、变电站综合自动化;

郭伟(1970-),男,博士,副教授,研究方向为电力系统运行与控制、电力系统继电保护等。

Study on visual relay protection setting calculation system for power plant

WANG Huimin¹, LIU Hu-ping¹, GUO Wei¹, LIU Jian-min²

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Jiangsu Binhai Power Supply Co., Binhai 224500, China)

Abstract: This paper studies the universality and practicability on the visual relay protection setting calculation system for power plant, then carries on overall design and function analysis. By the visual method, users can analyze faults to get the relay setting calculation.

Key words: relay protection; fault analysis; setting calculation; visual