

电力系统继电保护整定计算软件的研究

李银红¹, 王星华¹, 骆新¹, 段献忠¹, 柳焕章², 刘天斌²

(1. 华中科技大学, 湖北 武汉 430074; 2. 华中电力集团公司, 湖北 武汉 430070)

摘要: 图形化和自动化的继电保护整定计算软件的研制可以大大提高整定计算的效率。就新一代图形化继电保护整定计算软件的结构、功能和技术特点进行了探讨。首先总结了继电保护整定计算工具的发展历程, 然后介绍了软件的结构和功能, 并详细阐述了其特点及优越性, 最后, 对继电保护整定计算软件的进一步发展进行了展望。

关键词: 电力系统; 继电保护; 整定计算

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2001)12-0005-03

1 引言

继电保护装置是电力系统最重要的二次设备之一, 它对电力系统的安全稳定运行起着极为重要的作用。因此, 继电保护整定计算是电力工程设计和电力生产运行中一项必不可少的工作。自70年代以来, 利用计算机技术提高整定计算工作效率的研究一直受到人们的重视。从使用数字计算机到基于DOS操作系统整定计算软件到90年代进入实现整定计算全过程自动化时代。

在整定计算软件新的发展方向的指导下, 作者参与研制开发了图形化继电保护整定计算系统 RelayCAC。该系统具有图形化建模、继电保护整定计算、故障分析和电网等值计算等功能, 具有通用性、可靠性和灵活性等特点。该系统的使用能够大幅度地减轻继电保护整定计算人员的工作量, 保证继电保护装置满足灵敏度、选择性、可靠性和安全性的要求, 为电力系统安全、稳定运行创造了条件。

2 RelayCAC 的总体结构及功能划分

图形化继电保护整定计算系统 RelayCAC 的指导思想是充分利用现有的计算机技术, 充分考虑进一步发展的需要, 保证软件的可移植性。因此, 在软件的开发过程中, 采用了规范的面向对象软件开发方法。

2.1 RelayCAC 系统总体结构

图形化继电保护整定计算系统 RelayCAC 由五大功能模块

构成: 整定分析计算模块; 故障计算模块; 网络拓扑管理与图形显示模块; 数据库管理模块; 附加功能模块。系统的总体结构如图1所示。

2.2 RelayCAC 模块功能划分

RelayCAC 的各个模块分别完成特定的功能, 模块之间的信息交换通过系统管理框架进行, 模块与数据库间的信息交换通过数据库管理模块进行。这种模块式的结构设计可以简化模块间数据的交换模式, 保证模块的安全性、封装性和可移植性。

(1) 整定计算模块。整定计算模块实现大规模复杂电力系统线路零序电流保护、相间和接地距离保护各段定值的自动整定计算; 全面考虑整定规程的要求, 采用整定风格满足地方特色, 兼顾通用性和专用性; 采用新算法快速准确地确定最小断点和组合运行方式。

(2) 故障计算模块。故障计算模块提供强大的故障计算功能, 能够批处理各种类型的简单故障、任意重复故障及非全相振荡; 能够处理零阻抗支路、无穷大阻抗支路及孤岛; 能够进行网络等值、绘制短路电流计算曲线等。

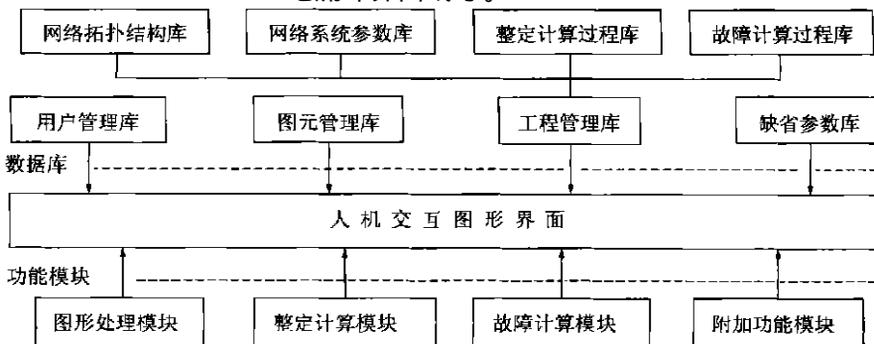


图1 RelayCAC 总体结构图

(3) 网络拓扑管理与图形显示模块。网络拓扑管理与图形显示模块提供给用户简单实用的电力系统网络拓扑结构编辑、管理的工具和方便快捷的图形操作手段,通过图形系统用户能够快速地完成拓扑接线图的绘制、修改,并实现人机交互的大部分操作,包括输入参数,给定计算条件,查询计算过程和结果,直接对整定范围、断点、特殊运行方式操作,修改计算过程等;提供多种显示方式与显示工具,使用户可以从图上非常直观地查看各种运行方式下元件的运行状态、元件参数和计算结果等;还提供图元编辑器,用户可任意添加、修改图元以适应实际工作的需要。

(4) 数据库管理模块。数据库管理模块为用户提供强大、完备的数据存取功能。在数据库的结构设计上,采用面向对象的数据结构设计和多级的数据表关联方式;在数据的组织管理上,考虑各类数据的可重用性等。

(5) 附加功能模块。附加功能模块提供给用户其它一些辅助功能。如自动形成定值算稿和方式说明书,为用户整定校核提供依据;可以自动形成阻抗图、保护配置图、原始定值图、计算定值图等;提供参数表格输入框和强大的数据导入功能,方便用户输入原始参数等。

3 RelayCAC 的特点

电力系统继电保护整定计算的专业性决定了一个完善的整定计算软件在功能上必须与电力系统实际情况紧密结合,充分考虑用户的实际需求。在与电力系统生产部门紧密接触和进行详尽细致的调研的基础上,RelayCAC 在图形界面、整定原则处理、故障计算模块、附加功能等方面进行了详尽细致的归纳和总结,充分考虑了用户的实际需求。

3.1 方便直观的图形界面

在继电保护整定计算中,经常需要进行运行方式、断点位置的选择和确认等问题的处理。这些工作往往都要参照电力系统网络接线图进行,详细的系统接线图对于整定人员非常重要。如果整定计算软件不能向用户提供方便直观的图形界面,必定会大大降低整定计算的工作效率。基于以上考虑,RelayCAC 提供了方便直观的图形界面,用户可以在图形上完成继电保护整定计算的许多工作,比如:

(1) 可以在电力系统接线图上直观地分析计算机自动形成的运行方式是否合理(轮断线路等的显示颜色可由用户根据习惯预先定义),还可以在图上

通过点击元件等简单操作来直观地定义和修改特殊的运行方式;可以在图形界面上显示断点,并可在图形上直接选定和修改断点;可以在图形界面上直接选中待整定保护的范围等。

(2) 可以在电力系统接线图上通过点击鼠标,输入和浏览各种元件的原始参数和状态参数,还可以将选定的参数贴在接线图上,简便实现各类参数的图形化输出。

(3) 可以自动形成各种运行方式下系统正序、零序序网图,保护配置图,保护定值图等,所需数据由程序直接从数据库中提取,大大减少了整定人员绘制这些图形的工作量。

(4) RelayCAC 提供了电力系统接线图绘制环境,能方便绘制各种基本元件,并且提供了方便快捷的图形操作手段,如:缩放、旋转、拷贝、粘贴、删除、移动及进行成组操作等。用户可以方便地形成和修改系统接线图。

RelayCAC 提供的类似图形功能还有许多,这里不再一一列举。需要特别指出的是,除图形界面以外,RelayCAC 还提供了多模式的人机交互功能,且各种模式间互相关联,保持一致,用户可以方便地在多种模式间自由切换。如:用户既能以传统的表格模式输入系统原始参数,又能随时在接线图上通过鼠标选定元件进行参数的输入和修改,并且表格中数据与图形界面上数据相互关联,随时保持一致。

3.2 通用灵活的整定原则

在电力系统继电保护整定计算中,部颁整定规程是继电保护整定计算所应遵循的基本准则。但是,在实际整定计算工作中,由于各个地区地理位置、网架结构、保护配置的多样性,存在许多规程上没有明确规定的特殊情况,因此各个地区采用的基本整定原则往往存在较大的差异。这使继电保护整定计算软件的通用性受到了较大的限制。

为了满足不同地区对整定原则的不同要求,在继电保护整定计算软件中采用了整定风格的概念。整定风格在这里指具有地区特色的整定原则。整定风格的制定以部颁整定规程为基础,考虑不同地域整定原则的特殊部分而形成,具有较强的通用性。在整定计算软件安装时,用户可以通过点击鼠标就可以定义符合本地特色的整定原则,软件将自动按照用户设置的整定风格完成整定计算。基于 Visual C++ 语言中类的思想建立的整定计算模块实现了完全独立操作和与软件其他部分的良好接口,因此,整定计算模块具有很好的替换性和独立性,可以

兼顾通用性和专用性。对于特殊用户,整定计算软件可以方便快捷地转化为专用的整定计算软件。

3.3 全面的故障计算功能

继电保护整定计算工作的复杂性在于必须完成成千上万次的各种简单、复杂的故障计算,因此,故障计算模块对整定计算的速度和精度有着重要的影响。随着计算机技术的发展和故障计算算法的完善,通常的整定计算软件在速度上已经能够满足继电保护整定计算的要求,但是在故障计算功能上存在一定的不足,影响了整定计算结果的精度。

RelayCAC的故障计算模块,能够处理任意重短路故障、断线故障、跨线故障及这三种故障的组合故障,可以处理任意规模网络的故障计算,能够处理任意重支路间的零序互感,能够无误差地处理无穷大阻抗支路和任意重零支路,能处理零序网络中存在不接地孤岛的情况,能实现多个方式和多个故障的批处理计算。

3.4 功能强大的附加模块

继电保护日常工作包括许多内容,保护的整定计算只是其中的一部分。为了将继电保护整定计算工作人员从日常工作中进一步解放出来,RelayCAC在实现整定全过程自动化的同时,还提供了功能强大的附加处理模块。

RelayCAC的附加模块,提供了从文本到数据库的参数导入功能,减轻了用户输入系统参数的工作量,提高了工作效率和工作精度;提供了自动形成系统阻抗图、保护配置图、定值配置图、序网图等功能;还提供了打印图形、参数表格等功能。

4 结束语

随着计算机技术及其相关领域的进一步发展,特别是智能技术的不断发展,可以预见,实现整定计算的智能化,将人工智能技术的最新进展与继电保护整定计算完美结合,将是整定计算软件的进一步发展的方向。人工智能最大的特点是可以模拟人的思维过程,把专家经验性的知识存放于机器中,让机器自动完成整定计算中必须由人工干预才能完成的工作,使定值计算具有专家级的推理思维能力,使定值计算的水准达到一个新的高度。如:在方式组合方面,在保证预备量计算精度的前提下,将探讨利用

人工智能大幅度减少可能组合数目的可行途径。

此外,在INTERNET技术日益发展的推动下,数字电力系统的概念得到了重视。在数字电力系统时代,继电保护整定计算向网络化、实时化发展是必然的方向。建立继电保护定值网络管理系统,构造继电保护定值远程通信、远方控制模型,是新时代继电保护工作者面临的新任务和新挑战。本文作者已着手研究数字电力系统时代的新型继电保护整定计算概念,探讨在线校核的关键技术问题。

参考文献:

- [1] Huisma J, et al. Computer determination of the zone settings distance relays on the basis of short - circuit calculations. Paper 34 - 12 presented at the International Conference on Large High Voltage Electrical Systems, Paris, Aug 29 - Sep 6, 1984.
- [2] Cauthen R H and McCannon W P. Computer - aided protection engineering - do you need it?. Protective Relaying Conference, Georgia Institute of Technology, April 30, May 2, 1986.
- [3] Zimmering R and Allen R. Computerization of a large relay setting files. IEEE Transactions on Power Delivery, 1986, 1(1):135 ~ 142.
- [4] Damborg M J, et al. Application of relational data base to computer - aided - engineering of transmission protection systems. IEEE Transactions on Power Systems, 1996, 1(2):187 ~ 193.
- [5] Postforoosh J M, et al. Computer aided coordination of line protection schemes. IEEE Transactions on Power Delivery, 1991, 6(2):575 ~ 583.
- [6] 陈永琳. 电力系统继电保护的计算机整定计算. 北京: 中国电力出版社, 1994.

收稿日期: 2001-06-06

基金项目: 教育部高等学校优秀青年教师教学和科研奖励基金和高等学校骨干教师资助计划资助项目。

作者简介: 李银红(1976-),女,博士研究生,从事电力系统继电保护整定计算理论及相关软件技术研究; 王星华(1972-),男,讲师,从事信息化电力系统相关理论及支撑软件技术的研究; 段献忠(1966-),男,教授,博士生导师,从事电压稳定、FACTS、信息化电力系统和电力市场等领域的研究。

Study of relay coordination software

LI Yin-hong¹, WANG Xing-hua¹, LUO Xin¹, DUAN Xian-zhong¹, LIU Huan-zhang², LIU Tian-bin²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Central China Power Group, Wuhan 430074, China)

(下转第15页)

相短路损耗值的一半; 的定值主要考虑励磁电流造成的空载损耗以及互感器造成的误差,按出厂试验提供的三相空载损耗并考虑励磁涌流的影响加以整定。

三相变压器有功功率差动保护原理的动作原理与单相变压器类似,不再详述。

4 变压器有功功率差动保护的特点

变压器有功功率差动保护与传统的变压器电流纵差保护及其涌流判据相比较,主要有以下两个优点:

第一,由于在功率差动保护原理中,没有让励磁涌流成为动作的因素,故在励磁涌流判别方面有较大的优势。由于无法测得励磁支路的电流值,对于在励磁涌流状况下计算变压器差电流值实际上并不具备应用电流基尔霍夫定律的条件,故在电流纵差保护的基础上进行涌流判别的难度较大。

第二,与以往的励磁涌流判据相比,功率差动保护的功能更为全面。从式(2)可知,功率差动保护还具有区分变压器内、外部故障的功能,可以作为独立保护使用。

但变压器有功功率差动保护原理也有一些不足之处,主要是在反映变压器区内故障时存在死区。通过增加低压保护与过流保护加以弥补。如其与现行电流纵差保护的配合使用,各自取长补短,作为保

护双重化配置,优势明显。

5 结论

经过上面的分析,我们得出了以下的结论:

第一,在计算不对称三相交流系统的有功功率时,应该严格遵照电工学的理论,以三相对称系统的有功功率作为考察的对象。

第二,变压器有功功率差动保护在涌流判别方面有较大优势,并能区分变压器内、外部故障,可以作为一套独立保护使用。

第三,变压器有功功率差动保护和电流纵差保护配合使用,可以很好地实现变压器主保护的双重化。

参考文献:

- [1] Kuniaki Yabe . Power differential method for discriminating between fault and magnetizing inrush current in transformers. IEEE transactions on power delivery, 1997, 12(3).
- [2] 沈阳变压器厂. 变压器试验. 北京:机械工业出版社, 1987.

收稿日期: 2001-06-03; 改回日期: 2001-07-24

基金项目: 中华电力教育基金会许继奖教金资助项目

作者简介: 孙鸣(1957-),男,硕士生导师,从事电力系统继电保护方面的研究; 梁俊滔(1977-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护及调度自动化; 冯小英(1972-),女,讲师,从事电力系统继电保护方向的研究。

Analysis on the implementation of transformer protection in power differential protection principle

SUN Ming, LIANG Jun-tao, FENG Xiao-ying

(Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: According to the principle of electrotechnics, how to carry out power differential theory of power transformer is discussed. It is proved that the theory can't be carried out at each phase. At last, the method that how to carry out the power differential protection theory in power transformer is provided in this paper.

Key words: the power differential protection principle; law of conservation of energy; exciting current

(上接第7页)

Abstract: Graphical relay coordination software can improve the efficiency of coordination work greatly. In this paper, study on the structure, function and technical characteristic of the new generation relay coordination software is presented. A brief description of the development of setting tools is given first, then the whole structure and function division are introduced. Finally, the new tendency of relay coordination software is put forward.

Key words: power system; relay protection; coordination