

文章编号:1671-6833(2014)06-0100-04

基于 C#的继电保护整定系统关键技术研究

杨胡萍¹, 左士伟¹, 钟耀星², 陈 豪¹

(1. 南昌大学 信息工程学院, 江西 南昌 330031; 2. 国家电网 江西赣西供电公司, 江西 新余 338025)

摘 要: 继电保护整定计算对电力系统稳定性和安全性起着非常重要的作用, 为使电力系统继电保护整定计算软件满足通用性、可扩展性和可维护性的要求, 提高整定计算的速度和精度, 开发了一种基于 C#的继电保护整定系统. 系统采用模块化的体系结构设计和数据库设计, 制定了开放式的整定原则, 提出一种基于泛型类型的超流水低阻塞率数据存取技术, 应用无重访的广度优先搜索算法自动生成零序网络图, 且在 5 节点电力系统中验证了所提算法的有效性.

关键词: 继电保护; 整定计算; 泛型; 零序

中图分类号: TM77

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2014.06.024

0 引言

继电保护整定计算对电力系统的稳定运行起着极为重要的作用, 对数据的准确性和实时性要求极高^[1]. 近几年, 整定计算软件成为研究热点^[2-3]. 文献[4]以人工操作最小为原则, 开发了具有智能性和通用性的发电厂继电保护整定计算系统; 文献[5]在分析了一般整定计算软件功能的基础上, 对它的通用性问题进行了详细探讨, 指出将整定原则的可选性和自定义相结合的思路, 减少了软件维护的工作量, 具有很强的通用性和扩展性; 文献[6]利用数据拼接、数据迁移和图形融合技术解决了整定计算参数交换存在的问题; 文献[7]通过对 Visio、PSCAD 和 Word 软件的综合运用, 实现了一种图形化开放式短路电流计算及继电保护整定一体化平台的研制, 提高了整定计算工作的自动化程度, 具有很强的有效性和实用性; 文献[8]首次提出以模块为单位的继电保护图形数据一体化的设计方法, 将继电保护图形与数据基于模块集成并存入数据库.

笔者以 Microsoft 公司的 VisualStudio2010 为开发平台使用 C#语言开发了可视化电力系统继电保护整定系统, 并且提出了一种基于泛型类型的超流水低堵塞率的数据存取技术和无重访的广度优先搜索算法用于生成零序网络图, 系统具有

良好的通用性、可扩展性和可维护性^[9].

1 系统体系结构设计

在继电保护整定计算中, 因为计算系统运行方式的多变性、设备类型和定值计算方法的多样性等原因, 使得继电保护整定计算非常繁琐和复杂. 基于以上特点同时兼顾系统的未来需求, 系统体系结构采用模块化的设计, 各个模块间既相互独立又具有内在的紧密联系, 使得系统具有很好的可扩展性和可维护性^[10]. 系统总体结构如图 1 所示.

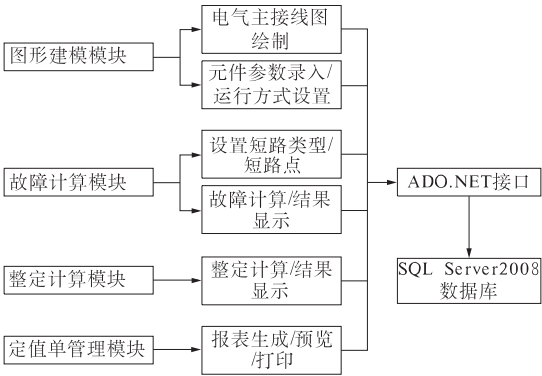


图 1 系统总体结构图

Fig. 1 The whole system structure

(1) 图形建模模块应用 C#语言的自定义控件技术构建了电气元件的图元库, 每一个图元都定

收稿日期:2014-06-06; 修订日期:2014-09-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51367014)

作者简介:杨胡萍(1964-), 女, 江西九江人, 南昌大学教授, 主要从事电力系统分析及经济运行方面的研究, E-mail: yhp123@163.com.

义了电气属性和非电气属性,同时借助双缓冲技术开发了图形建模的环境。

(2)故障计算模块利用图元的非电气属性确定电气元件的连接关系,进而进行网络拓扑分析,并且自动生成正序和零序网络图,可以设置计算不同短路点、不同短路形式、不同运行方式的短路电流。

(3)整定计算模块可以实现原理级和装置级的整定,并且参考了现场的定值计算方法,支持整定参数的调整、定值计算、灵敏度校验和定值结果显示的功能^[11]。

(4)定值单管理模块实现报表的设计、预览和打印功能。

整定原则是整定计算软件的核心部分,整定原则的制定是否合理,将直接影响整定计算结果的正确性和整定计算软件的适应性。在整定原则的实现上,以规程为基本原则,同时从实际情况出发,系统可以根据整定计算人员制定的方式组合、配合策略和整定参数完成定值计算^[12-13]。整定计算流程如图 2 所示。

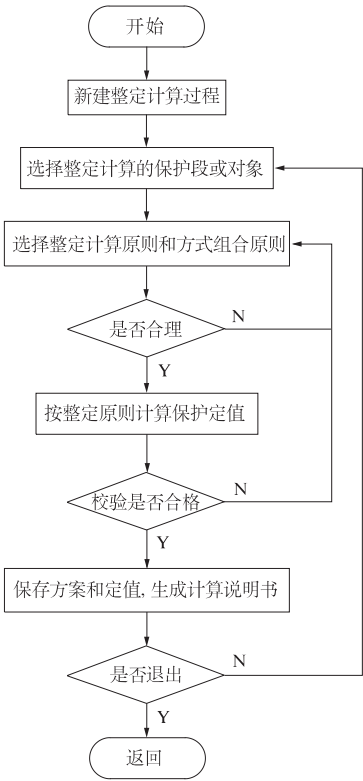


图 2 整定计算流程图

Fig. 2 Setting calculation flowchart

2 超流水低阻塞率数据存取技术

在继电保护整定过程中,需要用到电力系统

各个方面的数据,如电力系统一次系统的结构参数和元件特性参数,二次系统的配置参数和元件参数。合理有效的管理和应用各种数据,直接涉及到整个软件系统的各种性能指标。为了提高数据的存取效率和满足未来需求,系统数据库也采用模块化设计,包括如下子数据库:系统原始参数库、系统图形数据库、基本图元库、故障计算信息库、整定计算信息库和定值计算信息库。数据库结构如图 3 所示。

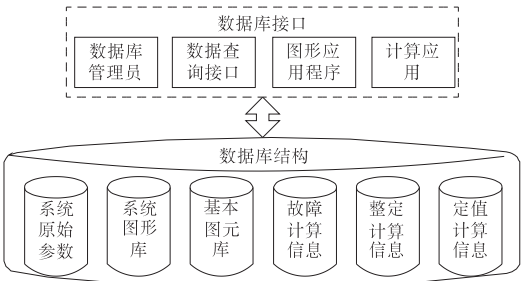


图 3 数据库结构图

Fig. 3 Database structure

为提高系统的响应和计算速度,本系统使用了 C#泛型,泛型是 2.0 版 C#语言和公共语言运行库(CLR)中的一个新功能,泛型最常见的用途就是创建集合类,使用泛型类型可以最大限度地重用代码、保护类型的安全以及提高性能。

借助泛型,本系统在数据存取机制上采用一种新的思路,每次对数据库进行增加、删除和更新数据时,首先把这次数据操作存入相应的泛型内,并且组成一个数据集 Dataset,长度为 n ;然后把数据集 Dataset 分为 n 个数据子集合;最后以数据子集合为最小单位以一定的时间间隔存入数据库,这样,极大地减小了数据阻塞的可能性,提高了系统响应速度。笔者把这种存取数据的方法称为超流水低阻塞率数据存取技术。数据导入流程如图 4 所示。

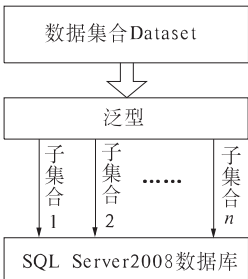


图 4 数据导入流程图

Fig. 4 Data import flowchart

3 无重访的广度优先搜索算法

本系统采用基于节点导纳矩阵的数学模型,通过修改导纳矩阵来处理各种方式变更和故障类型,并应用动态节点优化技术和稀疏技术,提出了无重访的广度优先搜索算法用于生成零序网络图,实现了可视化的故障计算.无重访的广度优先搜索算法计算步骤和算法流程如图 5 所示.

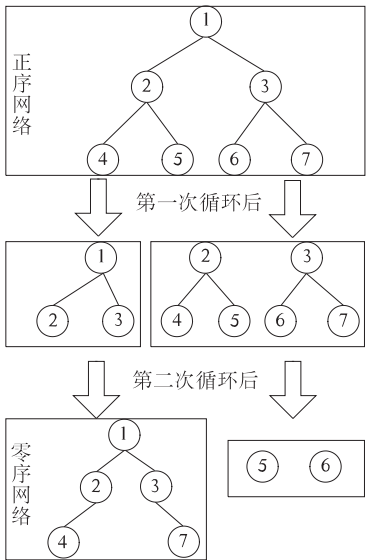


图 5 算法流程图

Fig. 5 Algorithm flowchart

计算步骤:

step1. 以短路点 1 为根节点,向外搜索与短路点 1 直接相连的支路(搜索原则:若是输电线路则记录其另一端节点号和零序阻抗值,若是变压器支路则根据变压器绕组的接线型式(Y,YN,d)判断短路电流能否流通,若能够流通则记录其另一端节点号和零序阻抗值,否则丢弃);

step2. 将根节点和搜索完毕的支路信息丢弃,目的是减少内存占用和防止重复访问;

step3. 以上一轮搜索到的节点号为根节点,继续向下搜索,搜索原则同 step1,执行 step2,重复 step3,直到再没有根节点可以找到支路;

step4. 退出循环,生成零序网络图.

4 算例分析

在 5 节点电力系统上验证所提无重访的广度优先搜索算法的有效性.正序网络结构如图 6 所示,正序网络参数见表 1 所示.发电机支路均接地,假定发电机电势的标幺值等于 1,变压器支路均为 YN-d 型,靠近发电机侧为 d 型绕组接法,靠近交流线侧为 YN 型绕组接法.

正序网络节点数为 5,支路数为 7,设置短路

节点号为 1,短路类型为两相短路接地.

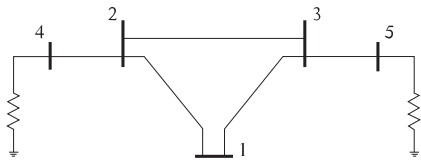


图 6 正序网络结构图

Fig. 6 Positive sequence network structure

表 1 正序网络参数

Tab. 1 Positive sequence network parameters

节点	节点	支路类型	电抗/ Ω
0	4	发电机	0.020
4	2	变压器	0.015
2	3	交流线	0.300
2	1	交流线	0.250
1	3	交流线	0.350
3	5	变压器	0.030
0	5	发电机	0.020

短路节点号为 1,应用所提算法进行第一次循环,搜索到节点 2 和节点 3,第二次循环以节点 2 和节点 3 为根节点继续向下搜索,根据变压器绕组接线型式,得知零序电流无法穿越变压器,而是经接地电抗流向大地,循环终止.零序网络结构如图 7 所示,零序网络参数见表 2.

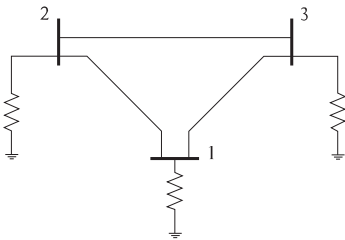


图 7 零序网络结构图

Fig. 7 Zero sequence network structure

零序网络节点数为 3,支路数为 6,对应短路节点号为 1.

表 2 零序网络参数

Tab. 2 Zero sequence network parameters

节点	节点	电抗/ Ω	节点	节点	电抗/ Ω
0	2	0.015	1	3	1.000
2	3	0.750	0	3	0.030
2	1	0.700	0	1	0.050

假定正序网络的节点阻抗矩阵为 Z_1 ,零序网络的节点阻抗矩阵为 Z_0 ,短路点 1 两相短路接地的正序电流 I_1 、零序电流 I_0 和零序电压 V_0 可以使用如下公式进行计算.

$$P = Z_1(D, D) \times Z_0(W, W) / (Z_1(D, D) + Z_0(W, W)); \tag{1}$$

$$I_1 = 1 / (Z_1(D, D) + P); \quad (2)$$
$$I_0 = -P \times I_1 / Z_0(W, W); \quad (3)$$
$$V_0 = P \times I_1. \quad (4)$$

式中: P 为中间变量; D 为正序网络短路节点; W 为对应零序网络短路节点.

将表1和表2所示的网络参数数据带入公式(1)~(4)中,计算得到短路点1两相短路接地的零序电流标么值为3.9089,零序电压标么值为0.1747.

5 结论

(1)讨论了基于C#的继电保护整定系统的关键技术,系统采用了模块化的体系结构和数据库,在扩展性和可维护性方面得到了改善,制定了更具有通用性的整定计算流程.

(2)提出了一种超流水低阻塞率数据存取技术,以C#的泛型类型为纽带,通过将数据集Dataset细化,使得程序分批分时将数据操作完成,用时间换取更多的空间,很大程度降低了数据阻塞的可能性;

(3)研制了无重访的广度优先搜索算法用于自动生成零序网络图,算法占用内存少,在5节点电力系统上验证了所提算法的有效性,取得了很好的效果.

(4)基于以上的研究,为后续在线整定、在线校核计算系统的研制提供了便利.

参考文献:

[1] 李银红,王星华,骆新,等.电力系统继电保护整定计算软件的研究[J].继电器,2001,29(12):5-8.

[2] 王利赛,杨小萍,杨明玉,等.继电保护整定系统的

发展[J].电气技术,2011,3(10):3-6.

[3] 陈新,吕飞鹏,蒋科,等.基于多代理技术的智能电网继电保护在线整定系统[J].电力系统保护与控制,2010,38(18):167-173.

[4] 赵冬梅,张旭,刘燕华,等.发电厂继电保护整定计算系统的智能化研究[J].电力系统保护与控制,2012,40(5):100-104.

[5] 杨增力,石东源,杨雄平,等.继电保护整定计算软件的通用性研究[J].电力系统自动化,2007,31(14):89-93.

[6] 陈朝晖,周红阳,石东源,等.大型互联电网继电保护整定计算数据一体化管理系统[J].电力系统自动化,2012,36(3):106-110.

[7] 厉志波,高鹏,马建胜,等.一种电力系统图形化开放式短路电流计算及继电保护整定一体化平台的研制[J].电气应用,2013,32(5):26-32.

[8] 刘为雄,蔡泽祥,邹俊雄.模块化的电力系统继电保护图形数据一体化设计[J].电力自动化设备,2003,23(11):51-53.

[9] 邓丰强,吕飞鹏,张向亮,等.面向对象的电网继电保护整定计算管理系统[J].华北电力大学学报,2012,39(4):36-41.

[10] 张虹,赵冬梅,张旭.电厂继电保护整定计算智能系统图模库一体化工具的研究[J].电力系统保护与控制,2011,39(12):117-122.

[11] 徐达艺.继电保护整定计算危险点分析[J].电气应用,2013,32(20):50-52.

[12] 高红艳,杨志刚.可灵活配置整定原则的继电保护整定计算软件的研究[J].电力系统保护与控制,2010,38(19):175-180.

[13] 徐敏,陈全,张锦文,等.基于规则推理的继电保护动作行为评价的新方法研究[J].郑州大学学报:工学版,2014,35(1):116-119.

Research on Key Technology of Protective Relay Setting System Based on C#

YANG Hu-ping¹, ZUO Shi-wei¹, ZHONG Yao-xing², CHEN Hao¹

(1. School of Information Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China; 2. State Grid Ganxi Power Supply Company, Xinyu 338025, China)

Abstract: Protective relay setting calculation plays a very important role in the stability and security of power system. The paper has developed a protective relay setting calculation software system based on C# language to meet the requirements of versatility, scalability and maintainability, which improves the speed and accuracy of the setting calculation. By using the modular architecture and database, the paper develops open setting principles, proposes a super-pipelining low-blocking rate data access technology based on generic type, applies the non-revisiting breadth first search algorithm to generate zero-sequence network diagram automatically and tests the effectiveness of proposed algorithm on five-bus power system.

Key words: protective relay; setting calculation; generics; zero-sequence