

The Power Plants Short-Circuit Current Calculation Software's Design with to Realize

Tong JIANG, Caifang CUI, Ran LV

Department of Electrical and Electronic Engineering, NCEPU, Beijing, China

Email: jiangtong@ncepu.edu.cn, cuicaifang@126.com, lvran818@126.com

Abstract: This paper introduces the power plants short-circuit current calculation software, who was carries on the design with the object-oriented technology, integrated with Microsoft Visual Studio 2008 development environment, MFC9.0 and C# compiled, ADO.NET technology for data sources disconnected access. What is more important is that in the tradition of short-circuit current calculation software on, it implemented the functions of the any time of the calculation, short-circuit current of short circuit current waveform is drawn and equipment calibration and other functions. In addition it is simple, efficient and easy to operate, also has broad application prospects.

Keywords: short-circuit current calculation; device check; short-circuit current waveform; ADO.NET; operational curve

发电厂短路电流计算软件的设计与实现

姜彤, 崔采访, 吕然

华北电力大学, 北京, 中国, 102206

Email: jiangtong@ncepu.edu.cn, cuicaifang@126.com, lvran818@126.com

摘要: 本文介绍了一套发电厂短路电流计算软件, 该软件利用面向对象技术进行设计, 综合采用 Microsoft Visual Studio 2008 开发环境、MFC9.0 和 C#语言进行编制, 并且利用先进的 ADO.NET 技术实现了对数据源的断开式访问。在实现了传统的短路电流计算软件功能的基础上新增了任意时刻短路电流的计算、短路电流波形的绘制以及设备校验等功能。简洁高效, 操作方便, 具有广阔的应用前景。

关键词: 短路电流计算; 设备校验; 短路电流波形; ADO.NET; 运算曲线

1. 引言

随着发电厂的发展, 新、旧设备和机组的替换, 都将使发电厂原有网络结构发生变化, 此时短路电流计算不仅是合理选择电气接线、选用有足够热稳定性和动稳定度的电气设备及载流导体的重要依据, 还是进行继电保护、自动装置的整定值计算、确定限制短路电流措施的前提^[1]。

目前, 短路电流计算软件基本实现了界面的图形化。但是, 大都采用传统的数据库访问技术, 程序运行时组件与数据库的连接保持打开状态, 占用大量宝贵的系统资源; 并且只能计算短路瞬间的初始值, 不能满足发电厂对校验设备的需要。本文推出了一套发电厂短路电流计算软件, 该软件是在实现传统的短路电流计算软

国家科技部 863 项目“自主卫星导航系统精密时间传递关键技术与示范 (2009AA12Z328)”

件功能的基础上进行设计的, 弥补了传统短路电流计算软件的不足, 并在实际工程中得以成功应用。

2. 软件结构和功能

2.1 软件简介

该软件综合运用了 Microsoft Visual Studio 2008、MFC9.0 (微软基础类库, Microsoft Foundation Classes) 和 C#进行编制, 实现了功能模块化、图形界面自动化; 并以先进的 ADO (ActiveX Data Objects).NET 技术为核心进行数据访问, 实现应用程序与数据库的无缝链接, 使程序更加结构化; 此外, 基于发电机的电磁暂态过程理论, 推导出发电厂线路任意处发生任何形式短路 (包括对称和不对称短路) 时任意时刻短路电流计算、绘制短路电流波形图的实用算法, 并根据计算的任意时刻的短路电流值, 结合用户选择的校验模板

对设备进行校验，满足了发电厂校验设备的要求。

2.2 软件结构

该软件包括图形建模模块、数据库管理模块、短路电流计算模块、设备校验模块和水晶报表模块等五个模块，各模块既相互依赖又相互独立，总体构架如图 1 所示。

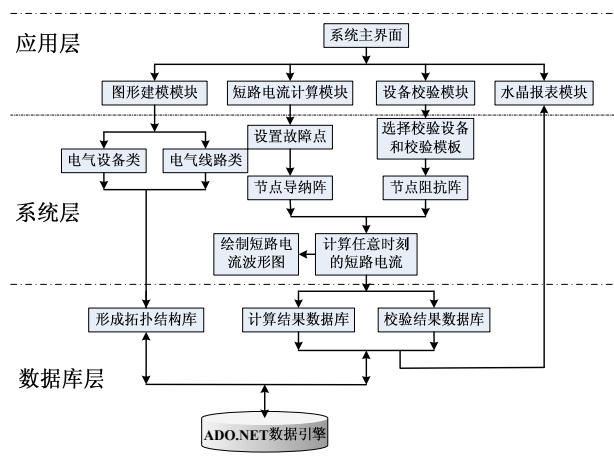


Figure 1. Overall Framework of the System
图 1. 系统总体架构

2.3 软件功能

软件利用面向对象技术，综合采用目前流行的 Microsoft Visual Studio 2008 开发环境和功能强大的 MFC 以及常用的 C#语言，结合先进的数据库访问技术，实现了软件所需的功能，主要通过绘图软件和监控平台进行展示。

2.3.1 基础功能

软件的五个模块中图形建模模块和数据库管理模块和水晶报表是基础模块，主要功能如下：

1、利用提供的绘图工具绘制主接线图，通过输入设备参数（如发电机的额定功率）形成拓扑数据库和参数数据库。

2、允许用户设置多重短路故障，并在故障处以醒目的闪电符号加以提示，增强了软件的实用性同时，是软件更加直观。

3、采用 PUSH 模式将计算结果和校验结果以水晶报表的形式输出，有效地解决了数据源的不可迁移性问题。

2.3.2 运用功能

短路电流计算模块和设备校验模块是功能运用模块，主要功能如下：

1、计算线路发生任何形式短路时任意时刻的短路电流值，并根据计算结果绘制短路电流波形图，自动完成系统短路时对短路电流的求解。

我国对短路电流衰减的周期分量的计算一直沿用传统的运算曲线法，是在考虑同步电机的暂态过程的基础上，利用概率统计的方法制定的；对非周期分量的计算也根据二支路等效法制定了相应的求解等效直流衰减时间常数的曲线。既耗时耗力，又使计算结果有较大的误差^[1,5,7]。

本软件基于发电机的短路暂态过程理论^[1]，推导出了电力系统短路时短路电流瞬时值和绘制短路电流波形的实用算法。根据转移阻抗和节点阻抗矩阵元素的关系式（式 1）^[1]，计算出电源点 i 到短路点 f 的转移阻抗（对应的是次暂态时的转移阻抗，暂态及稳态时的转移阻抗计算，只需将式中 x_d'' 的换为 x_d' 、 x_d ）。将各种状态下的转移阻抗代入相应条件下的短路电流公式^[1]，并代入相应的时间常数计算式，即可得到任意时刻线路任意处的短路电流及其分量的波形。

$$Z_{if} = \frac{Z_{ff}}{Z_{if}} \times jx_d'' \quad (1)$$

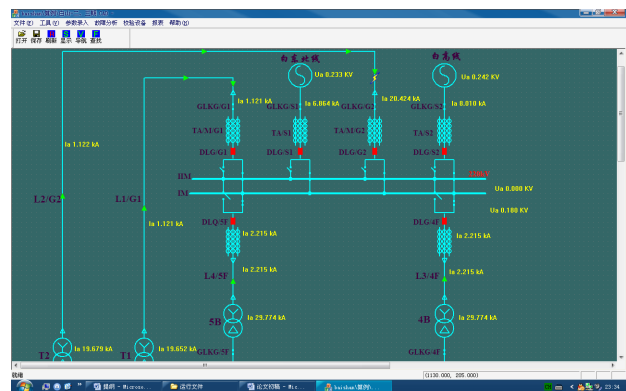


Figure 3. Main interface of the Software and the results of a power plant
图 3. 软件主界面与某电厂计算结果

该算法大大减轻了传统运算曲线算法的工作量，且具有较高的准确度，能够自动完成系统短路时短路电流衰减周期分量的求解，及对称短路时短路电流非周期分量的求解。提出了计算电力系统任意时刻短路电流并且绘制短路电流波形的计算模型，并通过实例验证了算法的正确性。软件主界面与某电厂计算结果如图 3 所示。

2、综合利用计算的短路电流和选择的校验模板，对断路器、隔离开关等设备进行校验，满足发电厂校

验设备的需求，且具有较高的准确度。

本软件将闭合状态的断路器和隔离开关作为一条阻抗为 10^{-5} 欧姆的支路来模拟，应用线性网络特性、定理及变结构与变参数方法，导出了相当于在断路器、隔离开关两侧分别发生三相短路故障时，计算通过断路器、隔离开关的短路电流的通用模型和算法（即，断路器首端短路时流过断路器的短路电流，等价于将其断开后末端短路时流过其短路电流值；同理，断路器末端短路时流过断路器的短路电流，等价于将其断开后首端短路时流过其短路电流值），二者取较大值作为短路瞬间的初始值。根据转移阻抗和节点阻抗矩阵元素的关系式（式1）^[1]，利用2.1中的算法即可得到任意时刻线路任意处的短路电流。

用户可以根据实际需要选择事先制定的校验模板（断路器和隔离开关通、断状态的组合），结合前面计算的校验设备两侧短路电流的最大值以及任意时刻的短路电流值，分别代入设备校验公式对设备进行热稳定校验和动稳定校验等。通过对白山某电厂的电气主接线和运行方式数学建模验证了此算法的正确性。

3. 关键技术

本套发电厂短路电流计算软件不仅功能全面，而且采用了先进且实用的计算机技术，使软件更加美观、高效，且增强了软件的实用性，使其走在时代的前端。

3.1 面向对象技术

使用面向对象技术(Object - Oriented Technology, 一种运用对象、类、继承、封装、聚合、关联、消息、多态性等概念来构造系统的软件开发技术)和 C++类的组织方法，把所有的图形元素抽象为一个 CEntity 类，然后由 CEntity 派生出 Cline（直线）、Cpline（折线）、CCircle（圆）、CArc（圆弧）、CText（文本）等子类，方便用户根据实际需要自由组合需要的图形元素（如发电机、变压器等）。

与传统技术相比，面向对象技术有两大优点：把易变的数据结构和部分功能封装在对象内并加以隐藏，既保证了对象的可靠性，又利于维护，对需求变化有较强的适应性；封装性和继承性有利于复用对象。

3.2 ADO.NET 技术

从早期的 ODBC 到基于 COM 模型的 DAO、ADO、RDO 和 OLEDB 都是程序访问数据库的手段^[9]，这些访问技术在节约系统资源时越来越显得笨拙和不适应。于是期待一种更优秀的数据库访问方式的产生，

微软的 ADO.NET 可以更好的完成对系统资源的有效节约，可以代替那些传统的数据库访问技术。

ADO.NET 简化了对数据库的访问，可以很轻松的在 .Net Framework 平台中操作数据库。而 DataSet 是 ADO.NET 的核心，是一个位于内存中不依赖于数据库的独立数据集，该数据集中的内容由程序设计者直接用程序建立，也可以从已经存在的数据库中传入。

本软件以高效的 ADO.NET 中的数据对象(DataSet)为核心，实现对各种数据源（如 SQL-Server、Oracle、Access）的断开式访问，并不直接对数据库操作，而是先完成数据连接，按照用户需求查询数据库，使用数据适配器(DataAdapter)对象的 Fill 方法来填充并初始化 DataSet，然后客户端再通过读取 DataSet 来获得需要的数据；更新数据库中数据时，使用 DataAdapter 的 Update 方法将修改过的数据集同步到数据库中，大大减少了服务器端数据库的连接线程，从而有效减少了服务器端的运行压力，提高了应用程序的扩展性和性能。下图是 ADO.NET 和应用程序之间的关系图（图2）。

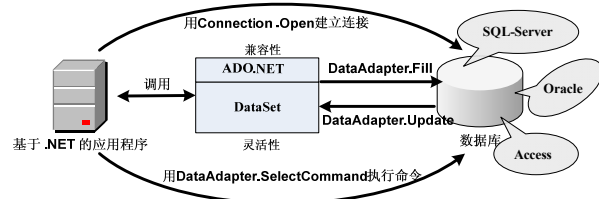


Figure 2. ADO.NET and Applications
图 2. ADO.NET 和应用程序

3.3 GDI+

本程序中曲线的绘制部分主要使用了 GDI+绘图类库封装的各种方法。其中，使用了在 System.Drawing 命名空间下的 Graphics 类完成曲线的绘制功能，并将绘制曲线存储为 Bitmap 图像，传递给 PictureBox 控件，由于控件中不仅包含绘制、重绘图形的功能，还包含其它扩展功能，所以提高了程序的可扩展性。

整个曲线图像的绘制包括两大处理模块：绘制所需的数据处理模块及图像绘制模块，而后者又分为坐标系统绘制模块和波形绘制模块。其中，数据处理模块采用上文中提到的 DataSet 对象；坐标系统绘制模块通过数组和 PointF 结构之间数据的传递，并通过一系列算法，将计算所得的实际曲线上的点转换为与坐标系统所匹配的像素点，并与标识刻度值相匹配。波形绘制模块，调用 GDI+中封装的 DrawCurve 方法进

行原始曲线绘制。下图为同步发电机机端发生对称短路时电流波形图（图4）。

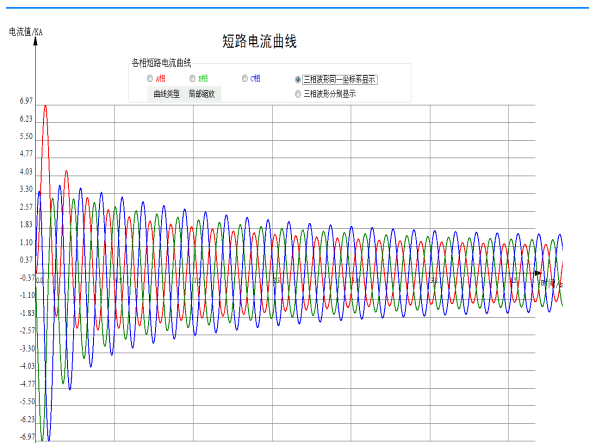


Figure 4. Synchronous generator machine side symmetric short-circuit current waveform

图 4. 同步发电机机端发生对称短路时电流波形

4. 总结

该软件基本实现了传统短路电流计算软件的图形界面化，另外，还具有自身独特的优点：

1、本软件利用面向对象技术，综合运用 Visual Studio 2008、MFC 和 C#语言进行编制，使程序高效、简洁、可移植性强。

2、采用 ADO.NET 技术进行数据绑定、显示，并利用对象将数据库中数据存入内存，优化了数据输入输出模块的设计。

3、采用 GDI+绘图技术完成短路电流曲线绘制的代码编写，通过可视化的数据及图形显示，使用户可根据其目的直观获取参数信息，提升用户使用体验。

4、用户可以根据不同需求自行制定校验模板，比

较断路器等两侧的短路电流值对设备进行校验，提高了计算的精确度和校验的准确度。

5、软件功能更加完善，增强了软件的实用性。

References (参考文献)

- [1] Li Guangqi. Power System Transient Analysis (Third Edition) [M]. Beijing: China Electric Power Press.2007.
李光琦.电力系统暂态分析(第三版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [2] Cheng Heng. Steady-state Analysis of Power System (Second Edition) [M]. Beijing: China Electric Power Press.2007.
陈珩.电力系统稳态分析(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [3] Zhang Boming, Chen Shousun, Yan Zheng. Higher Power Network Analysis [M]. Beijing: Tsinghua University Press.2007.9.
张伯明, 陈寿孙, 严正.高等电力网络分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.9.
- [4] Xu Min, Yang Wanhui, Sun Fengqi. Main Electrical Power System [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2006.5.
许珉, 杨宛辉, 孙丰奇.发电厂电气主系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.5.
- [5] Cao Wei, Zhang Meixia. The Evaluation and Amendment on the Method of Power System Short-circuit Current Computational Curve. Beijing: North China Electric Power University. Journal of Shanghai University of Electric Power. 2006,22(4)
曹炜, 张美霞.短路电流计算曲线法及其改进. 上海电力学院学报, 2006,22(4).
- [6] David C. Yu, Haijun Liu, Fengjun Wu. A GUI Based Visualization Tool for Sequence Networks[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1998,13(1):42-47.
- [7] Zhang Shuhua, Fang Fuqi, Feng Xiaoliang. Visualization of Power System Short-circuit Current Calculation [J]. Proceedings of the EPSA, 2001, 13(5): 69-72.
张树华, 方富淇. 电力系统可视化短路电流计算[J]. 电力系统及其自动化学报, 2001, 13(5): 69-72.
- [8] Che Lizhi. Any Time Power System Short-circuit Current Calculation Method of Calculating [Master thesis]. Beijing: North China Electric Power University, 2002.
车立志.电力系统任意时刻短路电流计算算法的研究: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2002.
- [9] Zhou Li. The First Step of C # and .NET3.0[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
周礼.C#和.NET3.0 第一步[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.