

可扩展的电力系统故障集成分析环境

桂勋¹, 姚兰², 钱清泉¹

(1. 西南交通大学电气工程学院自动化研究所, 四川 成都 610031;
2. 成都信息工程学院控制工程系, 四川 成都 610225)

摘要: 随着我国电力系统的快速发展, 各种故障分析算法层出不穷, 对故障分析软件提出了越来越高的要求, 然而目前国内的主要录波器和电力综合自动化设备提供商提供的专业分析软件, 其公式编辑器环境相当简陋, 且算法较为单一, 不支持算法库的动态扩展, 针对这种现状, 采用设计模式的思想、插件技术和先进的 C++ 模块库: STLPORT、BOOST 实现了一个通用的电力故障集成分析环境, 系统内集成了大量的通用电力算法库, 并且采用插件技术实现了分析算法的可扩展性。

关键词: 故障分析; 录波器; 设计模式; 插件技术; STLPORT; BOOST

Expansive integrated analysis environment for power system fault

GUI Xun¹, YAO Lan², QIAN Qing-quan¹

(1. Dept of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;
2. Dept of Control Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: With the rapid development of our country's power system, various fault analysis algorithm have been put forward, and the demand of more advanced fault analysis system is requested. But the current software systems provided by the manufacturers of fault recorder and composite power automation system, whose formula edit environment are too simple and the algorithm libraries are too insufficient to support dynamic algorithm expanding. To meet the command, the paper adopts the idea of design patterns, plugin technology and advanced C++ temple library ie STLPORT and BOOST to realize a general power system analysis environment. The environment system integrates amount of general power analysis algorithm and takes plugin technology which makes the dynamic expanding of algorithm come true.

Key words: fault analysis; fault recorder; design patterns; plugin technology; STLPORT; BOOST

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)07-0001-05

0 引言

随着我国电力系统的快速发展, 电力系统学术界内的各种新的故障分析算法不断涌现, 然而目前国内主要的录波器厂家(如武汉中元等)和电力综合自动化设备提供商提供的各种专业故障分析软件^[1~4](如南思、府河等)中, 其公式编辑器相当简陋, 且算法较为单一, 只提供有限的数学函数和电力系统分析算法, 并且重要的是没有一款分析软件能提供分析算法和分析界面的扩展功能, 无疑这就限制了用户把某些新的分析算法应用于现场故障分析中去, 无法满足故障分析用户对自身分析需求的功能定制, 并且厂家即使要升级算法也必须在修改源代码的基础上向用户完全重新发布软件, 这无疑增加了软件的维护和升级成本, 也给用户使用上带来了不便。

本文针对这种现状, 作者采用设计模式^[5]的思想和当今先进的 C++ 模块库: STLPORT^[6]和 BOOST^[7]设计了一个电力算法公式快速解析引擎, 引擎可解析复杂的数学公式, 支持矩阵运算, 并且引擎内提供了可进行算法扩展的 COM^[8]插件接口, 通过插件接口用户可定制满足自身需要的分析算法和界面。基于此解析引擎, 实现了一个可扩展的电力故障集成分析环境, 在该环境内不仅集成了大量的通用电力分析算法而且还支持语法的高亮度彩色显示、调试输出、代码伸缩、撤销等高级 IDE 环境才具备的功能。

1 集成分析环境的结构

集成分析环境由界面框架、多功能编辑器、脚本过滤模块、解析引擎、插件接口五部分组成, 界面框架负责加载其它的 4 个子系统, 多功能编辑器

提供了一个具有先进属性的复杂编辑环境,在编辑器内编写完毕的脚本,首先经过脚本过滤模块的过滤,除去全部的注释,并且对脚本进行标准化格式化处理,使得脚本完全符合解析引擎的输入要求,格式化后的脚本提交给解析引擎,解析引擎首先进行语法分析,这是整个解析过程中的动态编译过程,之后解析引擎将进行函数参数校验,这是解析引擎的类型编译过程,这两步后解析引擎就会对各个表达式进行解释执行,由于每个函数都是采用静态语言 C++ 已经编写好的函数对象,所以解析引擎的解释执行效率非常的高,最后当用户需要自己定制新的分析算法和界面时可通过插件接口进行系统扩展。集成分析环境的结构图如图 1 所示。

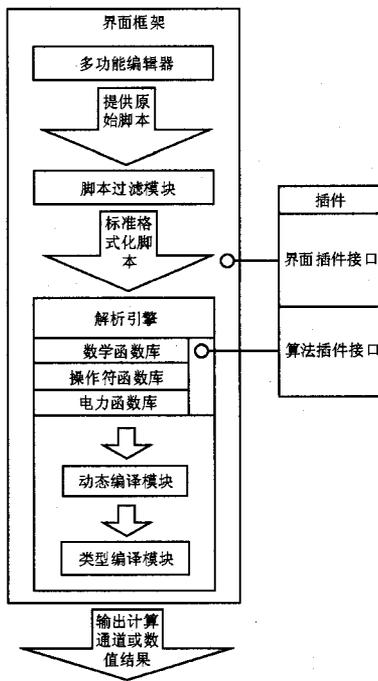


图 1 集成分析环境的结构

Fig.1 Overall structure of the integrated analysis environment

2 集成分析环境的关键技术

集成分析环境的界面框架采用 MFC 中的文档视图模式^[9]进行设计,整个框架被封装在动态连接库中,框架中全部动态对象均采用 BOOST 中提供的智能指针^[9]进行管理,通过使用 BOOST 中提供的各种智能指针可将系统中垃圾回收机制的设计成本降到很低,大幅简化了系统中全局对象的管理。多功能编辑器设计复杂,其设计参考了跨平台的编辑器开源工程 scintilla^[10],其中编辑器的语法高亮度显示可通过加载不同的 XML 配置文件来进行自由定制。通过多功能语法编辑器,集成分析环境可

实现诸如 .Net、Dephi 9 等的高级集成开发环境才具备特性,这些特性的实现极大地提高了系统使用的方便性和快捷性。

2.1 解析引擎

2.1.1 快速解析算法

解析引擎是整个集成分析环境的核心,同时也是设计上最复杂的子系统,对于数学表达式的解析在编译原理上需要将中缀表达式转换为后缀表达式以后才能进行正确的计算,而通常的数学表达式解析算法都是采用动态使用栈来一次性实现的,这个解析过程不仅是计算过程同时也是语法校验过程,假如一个复杂的公式在经过耗时很长的计算后,在其公式的最后突然发现语法错误,这时整个计算进程就将被迫取消,很明显这种算法对于解析引擎来讲是不合适的。针对这种情况系统在设计过程中首先采用动态压栈的算法对数学表达式进行语法校验,并在计算调用栈中顺序构建表达式的计算调用序列,这个过程不作任何具体计算,此过程为解析引擎的动态编译阶段,表达式通过此过程后就对计算调用栈中的各个函数的计算参数进行扫描,校验每个函数的计算参数类型并且替换为具体的参数对象指针,此为解析引擎的类型编译阶段。校验通过以后即可采用计算调用栈中保存的各个计算调用顺序来快速的计算表达式。快速解析算法具体过程如图 2 所示。

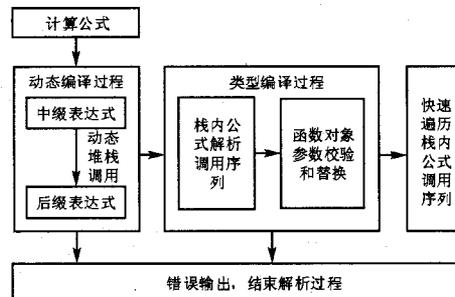


图 2 公式快速解析算法

Fig.2 Algorithm of fast parsing formula

2.1.2 算法的函数对象化

各种电力算法在程序化过程中其参数的个数和参数类型都不尽相同,例如有效值函数 RMS(C,N), C 代表一个通道模拟量通道的数据,而 N 则代表谐波次数,对应于 C 的数据结构应该是一个数组,而 N 则应该是一个数,而对于基波负序、零序不平衡度的计算就要求三相模拟量通道采集数据 C1、C2、C3,其三个参数都要求是一个数组。为了让解析引擎有统一的算法接口,系统在设计上将算法接口的每个输入参数的类型都定义

vector<double>, vector 是 STL 中定义动态数组对象, 通过获取其数据长度大小就可判断是通道模拟量数据还是普通参数了。采用这种参数类型, 每个算法接口就被抽象为如下的形式:

```
XXX(vector<double>* pParamArray,int nParamNum)
```

参数 pParamArray 为一个参数数组, 而 nParamNum 则为参数个数, 通过这样的方式就可把算法间参数个数的不同统一起来, 从而所有电力算法的接口都得到了统一。

在另一方面, 为了简化各种算法间不同的调用过程, 系统把不同的算法封装为一个函数对象, 每个函数对象都有完全一样的基本接口, 基本接口如表 1 所示。

表 1 算法函数对象的接口

Tab.1 Interface of algorithm object

接口说明	接口函数
获取算法名称	GetSymbol()
获取帮助信息	GetHelpString()
获取参数个数	GetNbArgs()
算法计算过程	Cacu(vector<double>*pArg, int nArgs)

基于表 1 的基本接口, 解析引擎内的各种数学、操作符函数、电力分析函数被设计为如图 3 所示的一棵算法树。

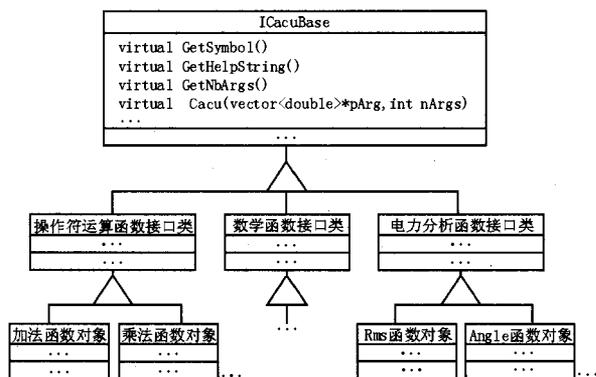


图 3 算法函数对象继承树

Fig.3 Hierarchical chart of algorithm object

通过这样的归一化设计, 在引擎进行解析时可通过统一的接口来调用不同的算法, 完全屏蔽了算法间接口参数的异构性, 对于解析算法而言只是一个快速的通过基类指针进行接口调用过程而已。

2.1.3 引擎采用的设计模式

解析引擎内部代码设计复杂, 为了降低系统结构的设计复杂度和代码间的耦合程度, 引擎在设计过程中充分采用了设计模式^[5]的先进设计思想, 以下为系统采用的重要设计模式论述:

(1) 解析引擎内有各种不同的接口, 为了让这些不同的接口融合在一起, 变成统一界面的接口函数, 系统在设计上采用了 Facade 模式, 通过 Facade 模式可将不同的接口类完全隐藏起来, 这不仅降低了接口间的耦合程度, 而且提高了各个接口类的复用程度。

(2) 解析引擎内全部的分析函数和插件提供的新算法都是以函数对象的形式提供给解析引擎的, 对于那么多不同的对象其创建是个麻烦的事情, 为此引擎在设计上采用了 Prototype 和 Abstract Factory 模式, 通过这两种模式使得这些不同对象的创建接口得到了统一, 大幅减化了引擎设计。

(3) 引擎的解释过程是一个状态不断变化的过程, 通常情况下这种程序的设计需要大量的“if”结构, 这种结构的大量存在必然导致算法实现复杂度的增加, 系统维护和升级的成本都要增加, 为此引擎在设计上采用 State 模式, 采用 State 模式后大量的“if”结构都会消失, 系统设计变得非常的清晰, 当需要增加某个状态时完全不需要修改原来的任何代码。

2.2 插件技术

原则上实现插件技术使用普通的动态链接库技术就可以实现了, 但是这种方式限制太多, 不够灵活。由于微软的 COM 技术具有语言无关性, 可以采用多种语言来开发插件, 这就极大地方便了用户, 用户可采用自己熟悉的编程语言来进行开发, 另外由于 COM 的对象透明性, 使得插件的安装变得简单的多, 只需将其在操作系统内注册即可, 基于这些原因解析引擎在插件技术上采用了 COM 技术。

解析引擎实现了一个算法扩展接口和界面扩展接口, 解析引擎插件至少必须实现算法接口才能被插入系统, 算法接口在引擎内的定义如表 2 所示。

表 2 分析算法的插件接口

Tab.2 Plugin interface of algorithm

接口说明	接口函数
获取算法个数	GetFuncsNum()
获取算法描述文件	GetInfoFile()
获取插件版本信息	GetPluginVersion()
构建算法函数对象	NewFuncs(int nID, void **pFunc)

通过此接口可在插件内定义多个不同的算法函数对象, 需要某个算法函数对象时可通过 ID 识别号来进行创建, 表 2 中具体的算法函数对象不是通过 COM 调用生成的, COM 接口只是实现了一个负责算法函数对象创建的类工厂而已, 通过这样的抽象可把系统对 COM 接口的依赖降低很多, 避免

了过于复杂的 COM 接口调用过程。对于界面接口而言,解析引擎只要求插件通过一个类工厂接口直接创建一个属性页对象,而不具体关心属性页对象内具体的实现过程,在创建的属性页对象内,要求引擎提供一个编辑视图的对象指针,用户插件可通过此指针来控制脚本编辑环境。当通过类工厂创建完函数算法对象和界面对象后,整个插件可立刻被解析引擎卸载,这就大幅简化了多个不同的 COM 插件接口的管理过程。

最后为了能让系统能自动识别插件,引擎内使

用了 COM 提供的 ICatInformation^[6]接口,可通过其接口函数 EnumClassesOfCategories 来遍历隶属于解析引擎的各个插件,获取插件的 GUID、简要描述等重要信息。

3 集成分析环境的特性

系统在总结全国大多数厂家算法的基础上,在此分析环境中系统集成了如表 3 所示的电力算法,目前就集成的算法而言是国内同类软件中最全的。

表 3 分析环境集成的各种算法

Tab.3 All the integrated algorithms in the analysis environment

算法名称	算法接口	参数说明
通道的 N 次谐波有效值、相位	RMS ,Angle	C:模拟量通道, N :谐波次数
阻抗幅值、幅角	IMP_A, IMP_W	C:电压通道, D:电流通道, N :谐波次数
两路交流信号相角差	AglMinus	C1, C2:模拟量通道, N :谐波次数
两组三相交流信号正序分量的相角差	PSAglMinus	C1, C2, C3:电压通道, D1, D2, D3:电流通道, N :谐波次数
突变量	Diff1, Diff2	C:模拟量通道, MC :间隔周波数
基波频率	Freq	C:模拟量通道
基波负序、零序不平衡度	NSUblFct, ZSUblFct	C1, C2, C3:一组三相交流信号
任意通道组合求累加、平均	Sum, Avg	C1, C2, C3, ...:任意多个模拟量通道
正序、负序、零序分量	PSC, NSC, ZSC	C1, C3, C2:三路:电压、电流模拟量通道, N :谐波次数
三相有功、无功、视在功率及其功率因素	AtPwr, RtPwr, Pwr, PF	C1, C2, C3:电压通道, D1, D2, D3:电流通道, N :谐波次数
单相有功、无功、视在功率及其功率因素	PhAtPwr, PhRtPwr, PhPwr, PhPF	C:电压通道, D:电流通道, N :谐波次数
三相基波正序、负序、零序功率	PSPwr, NSPwr, ZSPwr	C1, C2, C3:电压通道, D1, D2, D3:电流通道
时域有效值	tdRMS	C:模拟量通道
时域有功、无功、视在功率及其功率因素	tdAtPwr, tdRtPwr, tdPwr, tdPF	C:电压通道, D:电流通道
时域有功、无功电流	tdAtCurrent, tdRtCurrent	C:电压通道, D:电流通道

分析环境的运行图如图 4、5 所示。

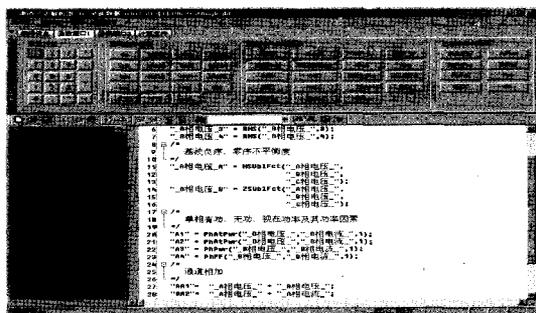


图 4 集成分析环境及其函数接口面板

Fig.4 The integrated analysis environment and the panel of function interface

由图 4、5 可见分析环境内实现了语法的高亮度彩色显示、代码注释、代码伸缩等高级 IDE 才用的

属性,并且解析过程中可自动定位错误函数,这些都不同程度地方便分析人员,从而提高了分析效率。如图 6 所示计算的结果以图形化通道的形式予以输出,十分的直观。



图 5 集成分析环境的自动调试输出

Fig.5 Auto debugging output of integrated analysis environment

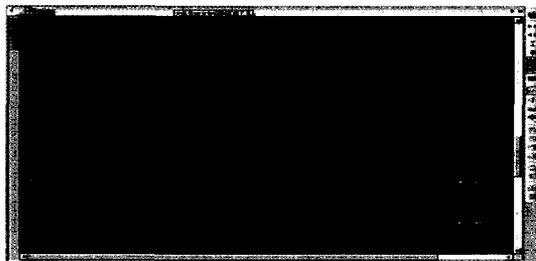


图 6 通道计算输出结果

Fig.6 Result of channel calculation

4 结论

综上所述, 此环境采用多种先进的计算机技术实现了一个可扩展的电力专业故障分析集成分析环境, 环境内集成了目前国内较全的通用电力分析算法, 用户可通过系统提供的接口编写相应的算法插件来完成特点功能的定制。

参考文献

- [1] 桂勋, 郭凯, 等. 基于网络的全图形化故障录波分析软件系统[J]. 继电器, 2004, 32(24): 44-50.
GUI Xun, GUO Kai, et al. All-graphic Software System for Fault Record Analysis Based on Network[J]. Relay, 2004, 32(24): 44-50.
- [2] 郑敏, 黄华林, 等. 故障录波数据通用分析与管理软件的设计[J]. 电网技术, 2001, 25(2): 75-77.
ZHENG Min, HUANG Hua-lin, et al. General Analysis and Management Software for Transient Data from Protective Relaying and Fault Recorder[J]. Power System Technology, 2001, 25(2): 75-77.
- [3] 宋墩文, 蒋宜国, 等. 波形数据通用分析系统的设计[J]. 电网技术, 2002, 26(11): 77-79.
SONG Dun-wen, JIANG Yi-guo, et al. Design of Versatile Analysis Software for Waveform Data[J]. Power System Technology, 2002, 26(11): 77-79.

- [4] 张杰, 涂东明, 等. 基于 COMTRADE 标准的故障录波的分析与再现[J]. 继电器, 2000, 28(11): 20-23.
ZHANG Jie, TU Dong-ming, et al. Analysis and Representation of the Recorded Fault Based on Standard COMTRADE[J]. Relay, 2000, 28(11): 20-23.
- [5] Gamma E, Helm R, 等. 设计模式: 可复用面向对象软件的基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002
Gamma E, Helm R, et al. Design Patterns Elements of Reusable Object-Oriented Software[M]. Beijing: China Machine Press, 2002.
- [6] Josutti s N M. C++ 标准模板库[M]. 侯捷, 译. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
Josutti s N M. C++ Standard Library[M]. HOU Jie, Trans. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 2002.
- [7] Introduce page.html. <http://www.boost.org>[EB/OL].
- [8] Eddon G, Eddon H. 深入组件编程技术内幕[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002.
Eddon G, Eddon H. Inside COM+ Base Services[M]. Beijing: Beijing Hope Electronics Press, 2002
- [9] 刘金龙, 高兆法, 等. Visual C++ 6.0 类库参考详细[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
LIU Jin-long, GAO Zhao-fa, et al. Visual C++ Reference Library[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [10] Background Information.html. <http://www.scintilla.org> [EB/OL].

收稿日期: 2006-10-11; 修回日期: 2007-03-05

作者简介:

桂勋(1978-), 男, 博士, 从事电力系统自动化研究;
E-mail: guinh3@263.net

姚兰(1980-), 女, 硕士, 研究方向为电力系统分布式软件系统, 传感器网络在工业控制上的应用;

钱清泉(1936-), 男, 工程院院士, 从事电力监控系统及其自动化研究。

许继荣获 2006 中国制造业“信息化支撑管理创新”最佳实践奖

2007年3月16日, 由中国制造业信息化门户网(www.e-works.net.cn)主办的“首届中国制造业CIO年会暨2006中国制造业信息化岁末盘点颁奖典礼”在京举行。经过网上公开投票和专家委员会的综合评定, 许继集团公司荣获2006中国制造业“信息化支撑管理创新”最佳实践奖, 集团公司副总裁程利民被评为2006中国制造业信息化杰出CIO。

据悉, “2006中国制造业信息化岁末盘点”活动是由中国制造业信息化门户网连续第四年组织进行的评选活动。本活动自2006年12月启动以来, 对过去一年中国制造业信息化领域进行了最权威的剖析和回顾。本次评选历时3个多月, 经过推荐和自荐、网上投票及评审专家组综合评定最终确定评选结果。本届活动获得了制造企业积极参与, 最终获得奖项的制造企业共有105家, 其中获奖的CIO有71人。

在颁奖大会上, 中国工程院院士李培根回顾了2006年中国制造业信息化的特点, e-works第三次发布了“中国制造业信息化年度报告(PLM/ERP领域)”, 以帮助制造企业了解我国制造业信息化各领域的应用现状和发展趋势, 为制造企业实施信息化提供参考依据。与会专家及企业代表就“信息化如何支撑企业管理创新”、“产品创新数字化技术的应用”、“企业发展战略与信息化建设的相互关系”以及行业信息化特点和信息化工作体会等进行了广泛交流。