基于 COMTRADE 标准的故障录波的分析与再现

张杰[1] ,涂东明[2] ,张克元[2]

(1. 天津轻工业学院 ,天津 300222 ; 2. 许昌继电器研究所 ,河南 许昌 461000)

摘要: 暂态数据转换标准(COMTRADE) 格式定义了一个存储暂态过程数据记录的通用格式。这个标准解决了由各种不同装置所产生、存储和传送的暂态数据记录 ,由于格式不同如何进行拷贝的问题。文中介绍的故障录波数据再现及分析软件系统对基于 COMTRADE 标准的录波数据进行了可视化的再现及分析。系统采用 Visual C + + 语言进行编制。

关键词: 故障录波; COMTRADE 标准; 谐波分量; 序分量; 阻抗轨迹

中图分类号: TM93 **文献标识码**: B **文章编号**: 1003-4897(2000)11-0020-03

1 引言

随着电力系统故障和暂态数据记录装置的飞速发展 ,要求制订出一种数据转换的标准格式 ,以便于利用各种设备进行自动分析、试验、计算和电力系统仿真 ,或在故障、扰动条件下进行保护方案的验证 ,COMTRADE 标准格式在此条件下提出了。

COMTRADE 标准的数据文件有三种类型的相关文件 ,每一种文件都带有不同级别的信息:引导、组态和数据。为了便于识别文件类型 ,分别采用不同的文件扩展名。以 HDR 作后缀的文件表示引导文件 ,CFG 表示组态文件 ,DAT 表示数据文件。组态文件可由计算机程序来识别 ,因此它必须具有特定的格式。组态文件中所记录的数据包括如采样率 ,通道号及线路频率等内容 ,为计算机程序分析暂态数据提供了必要的信息。数据文件记录的数据包括每个输入通道的每次采样值。引导文件则为用户提供一个附加信息的描述样本 ,以便更好地了解暂态记录的条件。引导文件不受应用程序控制。

本文论述的故障再现软件系统接受 COMTRADE 数据格式 ,可将按 COMTRADE 文本格式编写的数据文件进行波形再现 ,对再现的波形进行编辑 ,对处理后的数据进行分析 ,它包括四大分析功能模块 ,分别为谐波分量的分析显示 ,各序分量的分析显示 ,阻抗轨迹以及故障测距 ,并可将数据输入到继电保护试验装置进行故障再现。同时它对按二进制存储的数据文件也是兼容的。

2 软件系统的介绍

a. 装载故障数据。故障数据一般都存储在磁盘文件上 ,首先读出组态文件中记录的信息 ,再依据此信息去读数据文件。

b. 对数据进行滤波、差值。计算出谐波分量、各序分量、各阻抗的值。

c. 显示波形。

本软件系统用 Visual C + + 语言进行编制。它将从组态文件中读出的有用信息封装在类中 ,并由文档类管理。考虑到数据文件中记录的数据的长短是不确定的 ,以及一些计算时使用的中间变量的长短也是不确定的 ,因此使用了 MFC 的 CObArray 模板类。软件中定义的最重要的类是 CData 类 ,该类记录了数据的信息。它的简单定义及构造函数如下:

```
class CData : public CObject
{
protected:
   CString m_Name;                  // 名字
   int m_Rate;                      // 采样频率
   int m_Number;                    // 数
   PointStruct * m_PointList;       // PointStruct 是自定义的类,与 CPoint 类相同
private:
   DECLARE_SERIAL(CData);
public:
   CData()                    // 不带任何参数的构造函数
   {
   }
// 带参数的构造函数
CData(CString Name, int Rate, int Number, PointStruct * PointList)
{
   m_Name = Name;
   m_Rate = Rate;
   m_Number = Number;
   m_PointList = new PointStruct[Number];        // 分配空
```

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

间

```
if (Number > 0)
    {
      for(int i = 0; i < Number;  i + + )
      {
          m_PointList[i].x = PointList[i].x;
          m_PointList[i].y = PointList[i].y;
      }
    }
}
```

将从数据文件中读出的数据存到 CData 类中，数据是按周期为单位存储的，因为对于周期信号每周期的数据能反映出全部的信息，而当发生故障时每周期可以作为一个处理单位，而且这样处理有利于利用付立叶算法进行计算。在文档类中管理 CData 类的数据成员是以一周期的数据为一记录结点的。成员变量 m_Name 是所记数据的通道名；m_Rate 是采样频率，在进行数据处理前它是原始的采样频率，数据处理后它为 5000Hz；m_Number 在处理前是原始的一周采样点数，处理后它为 100 点/每周。m_PointList[ ]记录每一采样时刻的采样值。即最后将数据转换成我们自己定义的通用数据格式：

1. 均以浮点数表示；
2. 采样速率 5000Hz/s；
3. 模拟量设定为八路，U_A，U_B，U_C，$3U_0$，I_A，I_B，I_C，$3I_0$。
4. 时间不超过 10s。

将这些数据保存在文件中以便进行显示和发送到保护上进行试验。

3 算法

3.1 付立叶算法

付立叶算法是数字信号处理的 1 个重要工具，它来源于付立叶级数。本软件系统主要用它来计算谐波分量。假设输入的模拟量是周期性信号，其中含有直流分量、基波分量和各次谐波量，即

$$x(t) = \sum_{k=0}^{m}(A_{ck} * \cos k\omega t + A_{sk} * \sin k\omega t)$$

式中 k ——谐波的次数，$k = 0, 1, \ldots, m$；

ω ——基波角频率；

A_{ck}，A_{sk} ——第 k 次谐波的余弦和正弦分量的幅值。

在微机保护中 $x(t)$ 经采样后为离散的数字序列，求 A_{ck}，A_{sk} 可由梯形积分得到

$$A_{sk} = 1/N * (2 * \sum_{n=1}^{N-1} x_k * \sin(kn2\pi/N)) \quad n = 1, \ldots, N-1$$

$$A_{ck} = 1/N * (x_0 + 2 * \sum_{n=1}^{N-1} x_k * \cos(kn2\pi/N) + x_N) \quad n = 1, \ldots, N-1$$

k 为谐波次数，N 为一周采样点数。

由基波分量可以计算出序分量及阻抗。

3.2 差值算法

因为数据是离散的采样点，故采用分段抛物差值算法，选取与差值点最近的三个点，利用拉格朗日三点公式进行差值，实验证明此算法减少了误差。

对于给定的 n 个结点 $x_1 < x_2 < \ldots < x_n$ 以及对应的函数值 $y_1 = f(x_1)$，$y_2 = f(x_2)$，… $y_n = f(x_n)$，根据差值点 x 选择与其最相邻的三个结点 x_{i-1}，x_i，x_{i+1}；

$$i = \begin{cases} 2 & \text{当 } x \le x_2 \\ k-1 & \text{当 } x_{k-1} < x \le x_k \text{，且 } |x - x_{k-1}| \le |x - x_k| \ (k = 3, 4, \ldots n-1) \\ k & \text{当 } x_{k-1} < x \le x_k \text{，且 } |x - x_{k-1}| > |x - x_k| \ (k = 3, 4, \ldots, n-1) \\ n-1 & \text{当 } x > x_{n-1} \end{cases}$$

然后，按拉格朗日三点差值公式进行差值：

$$y = \frac{(x - x_i)(x - x_{i+1})}{(x_{i-1} - x_i)(x_{i-1} - x_{i+1})} y_{i-1} + \frac{(x - x_{i-1})(x - x_{i+1})}{(x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i-1})} y_i + \frac{(x - x_{i-1})(x - x_i)}{(x_{i+1} - x_{i-1})(x_{i+1} - x_i)} y_{i+1}$$

4 具体实例及试验结果

组态文件如下：

RTDS_Simulation, 0, 1991
6, 6A, 0D
1, Ia, A, 1, A, 0.013889, -35.697800, 0, 0, 4096
2, Ib, B, 1, A, 0.001656, -3.296290, 0, 0, 4096
3, Ic, C, 1, A, 0.001944, -3.441850, 0, 0, 4096
4, Va, A, 1, V, 0.036398, -74.691101, 0, 0, 4096
5, Vb, B, 1, V, 0.036338, -74.446602, 0, 0, 4096
6, Vc, C, 1, V, 0.036333, -74.394402, 0, 0, 4096
50
1
19200.000000, 15360
06/20/00, 09:52:07.000000
06/20/00, 09:52:7.080000
ASCII

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

数据文件如下:

1 , 0 , 2441 , 2264 , 2454 , 2300 , 164 , 3683
2 , 52 , 2442 , 2247 , 2465 , 2334 , 151 , 3662
3 , 104 , 2443 , 2229 , 2475 , 2367 , 139 , 3641
4 , 156 , 2443 , 2211 , 2486 , 2400 , 127 , 3620
5 , 208 , 2444 , 2193 , 2496 , 2433 , 115 , 3599
6 , 260 , 2445 , 2175 , 2506 , 2465 , 105 , 3576
7 , 312 , 2446 , 2156 , 2516 , 2498 , 94 , 3554

- - - - - - - -

经系统重现的波形及各分析图形如下图所示:

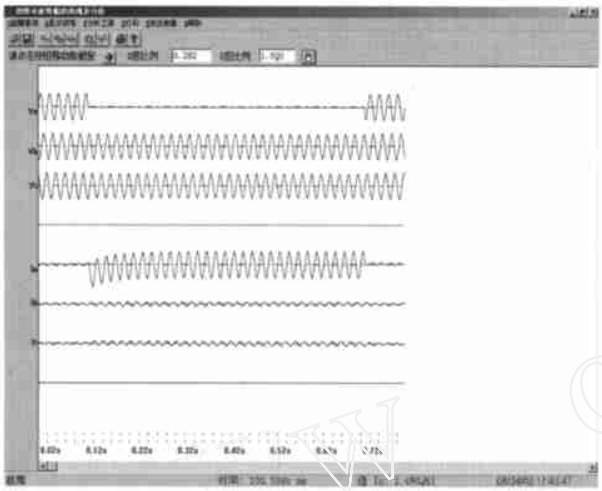

图 1　全程显示

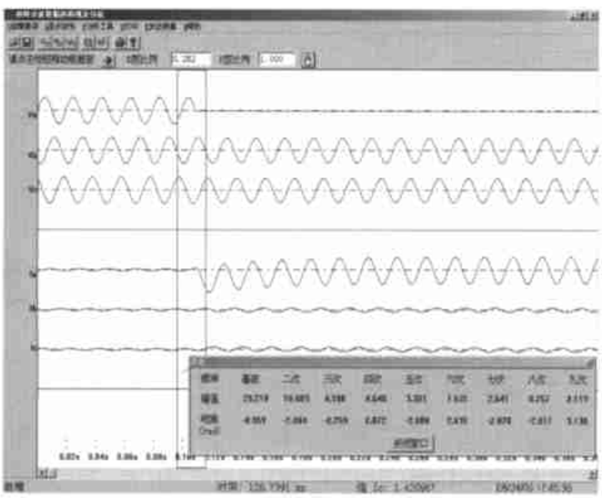

图 2　显示谐波分量

5　结束语

本文所介绍的软件系统实现了对基于 COMTRADE 标准的故障录波数据的重现及分析 ,对谐波分量、序分量、阻抗等进行了计算 ,省去了以往的手工繁重计算 ,提高了工作效率 ,利用 Windows 友

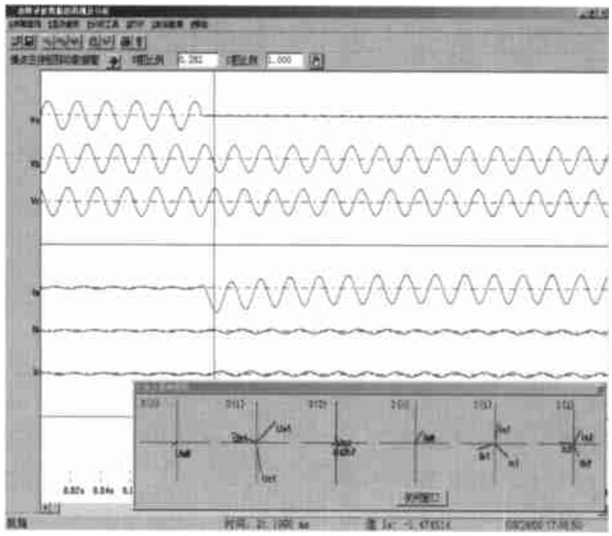

图 3　显示序分量

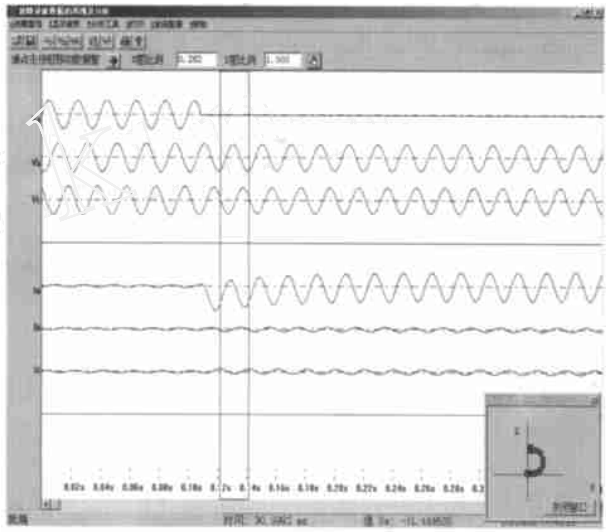

图 4　显示阻抗轨迹

好的人机界面达到了很好的人机交互 ,对计算出的结果进行图形显示 ,理解和分析起来更直观了。将处理好的数据送入继电保护装置中 ,可以对保护进行测试 ,因此它对保护装置的测试也有很好的应用价值。

参考文献:

[1]　李光琦. 电力系统暂态分析. 北京:水利电力出版社. 1995.

[2]　杨奇逊. 微型机继电保护基础. 北京:中国电力出版社. 1988.

[3]　朱声石. 高压电网继电保护原理与技术. 北京中国电力出版社. 1995.

[4]　陈坚. 实用 Visual C + + 编程大全. 西安:西安电子科技大学出版社 ,2000.

(下转第 32 页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

允许用户在整定计算过程中加入自己的实践经验,解决了整定原则一般性和用户经验特殊性间的矛盾。

b. 可维护性强:软件提供图形建模环境,用户可以根据电厂的建设和发展方便地修改系统结构和保护配置;同时保护整定工具模块化的设计,当出现新原理保护时,开发者可以方便地增加对应的保护整定计算工具模块,所以维护非常方便。

c. 可信度高:由于计算过程是在用户的参与下进行的,并结合了用户的实践经验,透明度高,所以计算结果可靠。

d. 易操作性强:界面操作简单、易懂;计算过程直观,易于理解。

e. 实用性强:与人工手算相比,大大降低了用户的劳动强度,而且整定结果比计算机自动进行整定计算更加可靠。所以这种方法是结合了手算和计算机自动计算的优点,而且开发周期短,是一种理想的开发思路。

5　结束语

本文介绍了发电厂短路电流及继电保护整定计算系统的设计思想和功能。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,具有满足社会需要的现实意义。

发电厂短路电流及继电保护整定计算系统的开发研究,不是孤立的,它将随着知识的丰富和技术的发展而不断发展。例如: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是有限,导致保护原理还不是非常完善,整定中需要大量的用户整定经验,这必然降低了软件的自动化程度。如果故障分析方法能有新的发展,不仅能促进保护的发展,也将促进保护整定计算软件的发展,这需要从事电力工作的有关人员共同努力,争取早日有新的突破。

收稿日期: 2000-04-13

作者简介: 王慧芳(1974 -),女,硕士,助教,从事电力系统继电保护的研究; 李阳春(1977 -),男,硕士研究生,从事电力系统继电保护的研究; 赵舫(1962 -),男,硕士,副教授,从事电力系统继电保护与自动化的研究。

www.cnki.net

Fault current and relay setting calculation system for power plant

WANG Hui-fang[1], LI Yang-chun[2], ZHAO Fang[1]

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Hangzhou Orient Electric Power Equipment Technology Limited Company, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The paper introduces the idea and function of fault current and relay setting calculation system. By the visual method, users can calculate fault current directly and combine own experience to get the result of relay setting.

Keywords: main equipment; relay protection; fault analysis; setting calculation; visual

(上接第22页)

[5] 陈建春. Visual C++高级编程技术. 北京电子工业出版社. 1999.

[6] David J Kruglinski. Visual C++技术内幕(第四版). 北京:清华大学出版社. 1999.

收稿日期: 2000-07-12

作者简介: 张杰(1977 -),女,硕士,从事仪表智能化的研究; 涂东明(1944 -),男,高级工程师,许继集团副总经理; 张克元(1964 -),男,高级工程师,从事电力保护与控制的研究管理工作。

Analysis and representation of the recorded fault based on standard COMTRADE

ZHANG Jie[1], TU Dong-ming[2], ZHANG Ke-yuan[2]

(1. Tianjin Light Industrial Technology College, Tianjin 300222, China;

2. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China)

Abstract: A common format for storing data record in transient process is defined in transient data transformation standard (COMTRADE). The standard has solved the copy problem of transient data record generated, stored and transferred from different devices in different formats. In this paper, it shows that visual representation and analysis of the recorded event data based on the standard COMTRADE can be implemented with event representation and analysis software system. The system is programmed in language Visual C++.

Keywords: event record; standard COMTRADE; harmonic component; sequence component; impedance locus

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net