

# 电力故障信息网络发布系统的设计与实现

李 钜, 刘涤尘

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

**摘要:** 设计并实现了电力故障信息在网络中的发布,通过对实际故障数据的分析,结合 COMTRADE格式和网络发布语言 JSP的特点,以交互的方式完成对故障数据的在线分析与基本信息的发布。该系统结合常用的继电保护方法,能够为用户提供一个稳定直观的查询平台,有利于电力系统的配置优化和资源共享,并在最终的实际应用中得到了验证。

**关键词:** 电力故障; 网络发布; COMTRADE格式; 继电保护

**中图分类号:** TM76; TM77      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2006)04-0057-04

## 0 引言

随着电力系统的不断扩大,电力网结构复杂程度和负载种类的增多,用户对供电的质量和可靠性的要求也越来越高。但是雷电、短路、接地,以及大容量负载的投切和不可预测因素总是导致电网出现各种故障,这些故障的频繁发生会危及到整个电力系统的正常运行,因此,对电网故障与保护动作行为的分析显得越来越重要。

故障信息的获取来源于在线故障录波装置,这些录波装置为调度端提供了通信接口,配置 Modem,能接受调度端的查询。省调度中心采用 PPP 网络拨号的方式与它们联网,查询和调取录波文件,管理和分析录波数据,以保证系统安全、有效、稳定的运行。尽管对于大型区域性电网而言,采用的故障录波装置较多,产品分别来自不同的厂家,但是省调度中心调取的文件格式都符合 COMTRADE 格式,使得对这些文件的统一处理提供了可能。

现有的电力管理系统已经是一个非常庞杂的系统,针对如何使电力部门充分利用各部门已有的数据资源和分析结论的问题,web发布提供了一个很好的解决方案,通过网络查询可以有效地节约时间和资源。

由于故障文件提供有非常丰富的故障信息,不同的故障录波装置的数据格式各异且判断故障的方法各有千秋,实现对故障信号的有效而准确重构是本系统设计的要点。

本文设计并实现了一个针对电力故障的 web 发布系统,该系统使用 Jbuilder 9 平台进行开发,以 Java 语言为内核,具有很好的平台适应性,在设计过程中,充分利用了 COMTRADE 格式特点,避免使用

数据库占用过多的主机资源,减少额外维护,在降低系统的使用难度基础上提高了系统的稳定性并节省了发布时间。

## 1 COMTRADE 格式特点

COMTRADE 格式是一种暂态数据保存格式,是 IEEE 电力系统继电委员会为了不同仪器之间暂态数据的共用于 1991 年公布的交换通用格式 (ANSI/IEEE C37.111-1991 COMTRADE)<sup>[1]</sup>。在 1999 年,该委员会又在原有的基础上设计了一种专用于电力系统的 COMTRADE 格式 (IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power System)<sup>[2]</sup>。每一个符合 COMTRADE 标准的数据文件至少应该包括三种类型的相关文件,分别是引导文件 (以 .HDR 为后缀)、配置文件 (以 .CFG 为后缀)和数据文件 (以 .DAT 为后缀),在电力系统专用的格式中,还包含一种信息文件 (以 .NF 为后缀)。这四种文件以不同的方式包含着暂态数据的不同内容,分别介绍如下:

引导文件 (header files) 是格式最为自由的 ASCII 文件,包含了很多记录者想传达给数据使用者的文本信息,包括:系统描述、受暂态过程影响的线路、反应堆、变压器以及断路器的参数、故障线路的长度、正序或零序阻抗或容抗、变压器等级、变比和绕组结构以及数据是来源于实测还是仿真、输入的相位信息和抗混叠滤波器的使用情况等信息。

配置文件 (configuration files) 是一种格式相对固定的 ASCII 文件,用来为后续的数据文件提供必要的说明。配置文件必须包括如下的内容:厂站名称、记录仪器型号和所使用的 COMTRADE 格式的版本年份、通道类型和数量、各个通道名称、单位和

转换系数、线路频率、采样频率以及在不同的采样频率下记录的数据量、所记录的初始时间以及 A/D 转换器的触发时间、数据文件的格式和时间标定因子。

数据文件 (data files) 用于记录被采样事件的数据量,其具体的文件属性已经在配置文件中被确定好了(二进制数据格式或者 ASCII 格式)。具体的格式形如下:

$n, timestamp, A1, A2, \dots, Ak, D1, D2, \dots, Dm$

其中  $n$  为采样的序列数,  $timestamp$  为采样时刻与第一个记录时刻的时间差值,接下来是模拟量的记录值,然后依次记录数值量(开关量)的情况。所有记录的数据都以整数的形式存在,除了以上信息外,数据文件不包括任何其他的内容。

信息文件 (information files) 是一种可供选择的文件,是创建者希望对在使用该数据的用户有所帮助的特别信息,其中的很多信息是配置文件的重述。

配置文件和数据文件为系统的信息的主要来源。

## 2 系统设计与实现

故障信息发布的过程如图 1 所示,由 JSP 语言生成的网页在运行的过程中不断的调用线程来响应用户,多用户同时访问时可以互不干扰直到各自的线程结束。

用户通过网络访问运行中的网站,首页将所有收集的电力故障形成备择选项,当用户选定所需要查看的故障后,触发交互程序,进入细节性的处理环节,按照这种方式,在后续页面中继续进行,直到完成系统设计的所有功能。

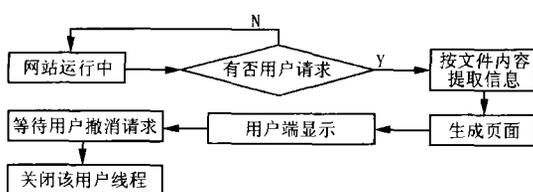


图 1 电力故障 web 发布原理图

Fig 1 System frame for network issuing of power system fault

由前面介绍可知,故障记录仪记录的数据包括模拟和数字量两部分。由于数字量的状态简单,并且 COMTRADE 格式并不能显示故障发生时候的电气联接状况,在发布的过程中比较容易处理。相对可以直接提供较丰富信息的模拟量重构与分析都稍显复杂,下面介绍对两种信息分别的处理方法。

### 2.1 数字量的处理方法

电力系统中的数字量简言之即为开关量或脉冲

量,每一次故障中故障记录仪所记录的开关路数是确定的,但是,并不是所有的厂家都能正确提供信息量,在分析和研究过程中发现部分厂家提供的数据文件中所记录的开关量在整个过程中都没有出现变位的情况,可能是比较注重模拟量分析的原因,对开关量相对忽视所造成的。

在本系统中,开关量是和故障文件的部分文本信息一起提供给用户端浏览的,其功能主要是提供给用户一个基本的故障信息,为后续的故障类型再分析以及故障具体定位提供帮助。

其故障信息包括发电厂、变电站名称、报告日期、故障线路、故障类型、开始时间、切除时间和测距结果等组成;其中的部分信息如故障线路、故障类型、开始时间、切除时间和测距结果等都模拟分析的结果,为了节省时间和存储空间,这些信息以及开关量变位信息被系统自动保存在一种自定义的新类别中,这种新类型以 .ppt 为后缀,称之为报告文件。通过对报告文件的读取可以很方便地完成数字量的处理。

具体步骤如下:

- 1) 查询已经存在的 .ppt 文件,读取其中的厂站名和故障记录开始时间组成字符串生成备择选项供用户选择。
- 2) 将用户选择的信息反还给后台程序,通过判断和过滤(.ppt 还包含了其他的文本信息),以页面的形式发送到用户端供参考。

最终页面形式如图 2。

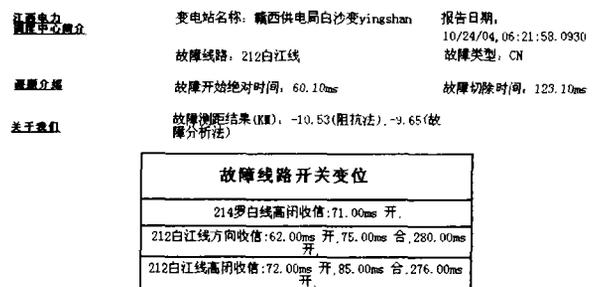


图 2 数字量发布效果

Fig 2 Display of digital information

### 2.2 模拟量的处理方法

模拟量包括的内容是在线所检测到的线路的电压电流值。模拟量的路数总是 8 的倍数(三相四线制每路数据包含有 4 个电压量和 4 个相对应的电流值)。在该系统中,按照要求完成了线路的波形的 web 发布、故障类型的判断、故障测距、故障频谱分析等功能,分别介绍如下。

#### 2.2.1 故障波形的显示

该模块完成故障波形的显示,方便用户从整体上了解故障发生的过程,比较直观地看出故障的暂态过程。

采用 JSP语言显示图片的方法主要有两种,简介如下:

1) 采用 HTML与 Applet相结合,将图像直接显示在用户的界面上,这种方式的优点很明显,不需要占用服务器的任何存储资源,但是,并不是所有的浏览器都支持这种方式,尽管在程序中可以采用 plugin方式自动下载 Java虚拟机到用户方,但数据量较大,使用并不方便。

2) 采用在主机方画图再保存以图片的形象显示在用户面前,图像保存为一般的用户都可以查看的.gif格式,不足之处是该方法占用主机的存储资源。

通过联机比较,本系统采用了方法 2,为了改善其不足之处,在加载线程的过程中对所画的图片数目进行检测,当存储空间超过一定值时(500 k),将删除以前所有生成的图片,既节省空间又不对同时在线浏览的用户产生冲突。

在画图的过程中由于时间点的频率段不同,为了保持数据的真实性,对低频率段的数据采用线性插值的办法进行重新构造,与此同时,Java自带的画图函数的操作对象为整数,在近似的过程中,需要剔除在时间轴向上不是整数的数据组,最后调用 Javabean生成图像,主程序送用户端显示。

图 3给出了华中电网于 2001年 2月 9日上午 09时 17分 4秒时在电压等级为 500 kV线路上获得的故障信息的波形显示。

其中表格给出了故障判断的阈值以及故障初始时刻,时间分布表示在该故障记录仪中,采样频率包括两种,一种为每个周波 20个点,数据量为 300个,另外一种每个周波采 4个点,数据量为 592个,故障开始的时刻点为第 140个点所在的周波,正常数据从第 55个数据点所在的周波开始记录。

### 2.2.2 故障频谱分析

在对实际的故障图像以及数据分析的过程中,常常关注暂态过程,故障情况一般不会延续超过多个周波,通过对故障发生的周波进行 DFT分析,可以从一定程度上加深对故障的了解。

JSP语言与其他网络语言的差别在于其内核直接是 Java语言,这样就可以很方便的进行数据处理。Java语言的 DFT数值算法可以参考文献[3];最后对所得到的谐波进行显示。

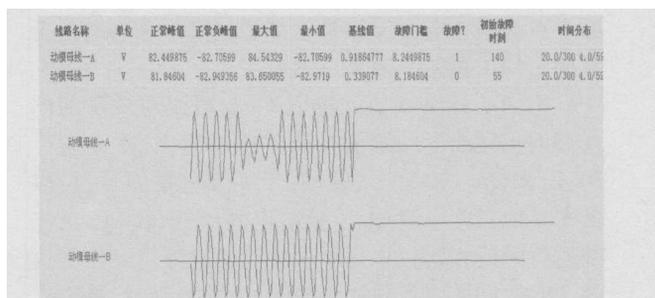


图 3 故障文件波形显示

Fig 3 Waveform display of fault files

具体步骤如下:

确认该线路是否发生故障,肯定时进一步确认故障开始的周波以及暂态过程持续的时间。

调用 DFT函数计算频谱分量。

调用 Javabean显示图象表示各次谐波的变化趋势。

界面图像如图 4所示。

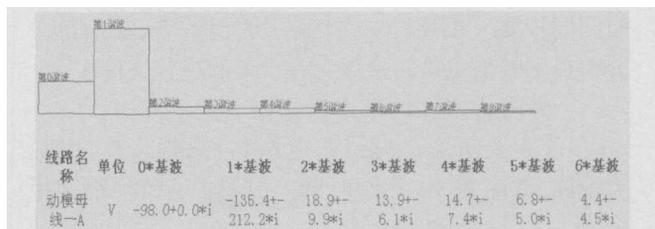


图 4 故障线路频谱分析

Fig 4 Spectrum analysis of malfunction lines

从图 4中还可以得到各次谐波频率的分量以及分量之间的比较关系。

### 2.2.3 故障判定与故障测距以及 .apt文件的生成

单个的故障录波器件所记录的通道数是固定的,其中只要有一个量被检测为故障,其他的所有信息都会被记录下来。对于其中的正常信号进行分析没有意义,故障判断是对故障进行重构的依据。

判断故障的方法中操作最为简便而有效的是增量算法<sup>[4]</sup>,简述如下:该方法的原理是计算以周期性为依托的模拟量是否出现突变,表达式如下:

$$\begin{aligned}
 i(n) &= \text{abs}(|i(n) - i(n-N)| - \\
 &\quad |i(n-N) - i(n-2N)|) \\
 v(n) &= \text{abs}(|v(n) - v(n-N)| - \\
 &\quad |v(n-N) - v(n-2N)|)
 \end{aligned} \quad (1)$$

其中: $i/v(n)$ 为电流/电压在某一时刻 $n$ 的采样值; $N$ 为一个工频周期内的采样点数; $i(n)/v(n)$ 为 $n$ 时刻的采样变量的差值,应用这种方法,即便是在频率不是完全等于 50 Hz时仍然能够准确地判断出来故障,为了减少误判的可能性,可以依据对连续

的3点的采样突变差值是否都超过阈值来判断是否真的出现了误差。效果见图3。

不同的线路阈值的选取不同,可以对故障前的线路的正常波形的峰值按照等比例缩小(本系统为30:1)来设定响应的阈值,对于零序分量而言,可以参考其他三路电流/电压量给出阈值;由式(1)给出的值与阈值相比较来判断该线路的故障情况。阈值的选取的好坏以不同线路判断的故障起始点是否在一个周期为标准。

通过对已知的一组线路中发生了故障的线路的组合,可以推理出最有可能发生的故障种类,并保存到 .ipr 文件保存。

故障测距常用的方法有如下几种:阻抗法、故障分析法和行波法<sup>[5]</sup>。在本系统中可以使用的是前两种,比较可以知道通过迭代算法,故障分析法的精度稍高。具体而言,在故障分析法中,根据数据采用的仅仅是单端还是双端又可以分为两种,由于双端法对时间同步要求很高,本设计采用的是前者,最后部分分析得到的信息被转换保存在 .ipr 的报告文件中。

.ipr 报告文件的格式包括如下4个方面:

1) 主要信息,包括:变电站名称、报告日期、故障线路、故障类型、开始时间、切除时间和测距结果组成。

2) 部分模拟信息,如每路模拟量故障周波的有效值等。

3) 再次故障信息,如再次故障开始时间与切除时间等,如果存在三次故障,按照同理记录。

4) 开关量信息,记录开关量的动作信息,包括动作时间和状态。

通过 COMTRADE 格式的三个文件的信息提取和模拟量的分析,对数据进行合理存储,单独生成报告文件,在程序每次运行时,将对所存在的报告文件进行排查,对其中还没有生成的故障报告文件将生成新文件备查。通过该文件,可以方便地对数字量的处理进行分析与显示,并且不需要人员专门对文件进行管理,保证高效的 web 服务。

### Design & realization of power system fault information network issuing

LI Po, LU Di-chen

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** The paper introduces a network issuing system for dealing with power system information in a interaction way with analysis of real fault data and character of COMTRADE standard and JSP. If combined with relay protection, this system can provide a convenient platform for query and do good to scheme optimization and resource sharing of power system. The proposed system has been tested in practical application

**Key words:** power system fault; network issuing; COMTRADE standard; relay protection

### 3 结语

本系统是结合电力继电保护方法与网络发布技术的一个实际应用。通过系统设计,实现了故障数据在电力系统中的网络分析与发布,能为用户提供初步的远程故障分析资料。在分析的过程中,由于一些技术(如故障测距方法)不成熟,导致有时提供的信息并不能真实地反映实际问题,基于保密的原因,系统不提供故障数据下载。

在江西电力调度中心的实际应用中,本系统模块能够方便地通过网络发布故障信息,实现资源的共享,能为查询用户提供一个稳定、直观的查询终端,为电力系统数据网络的完善提供有力的支持。

### 参考文献:

- [1] Phadke A G Chmn Comtrade: a New Standard for Common Format for Transient Data Exchange[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1992, 7(4): 1920-1926
- [2] IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems Relay Committee of the IEEE Power Engineering Society[Z]. USA: 1999.
- [3] 何光渝,高永利. Java常用数值算法集[M]. 北京:科学出版社,2003.  
HE Guang-yu, GAO Yong-li General Arithmetic Anthology of Java [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [4] 罗士萍. 微机保护实现原理及装置[M]. 北京:中国电力出版社,2001.  
LUO Shi-ping Application Principle and Device of Protection by Microcomputer[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [5] 许建安,等. 电力系统继电保护[M]. 北京:中国水利电力出版社,2003. 138-145.  
XU Jian-an, et al Relay Protection of Power System [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 2003. 138-145.

收稿日期: 2005-05-26; 修回日期: 2005-09-02

作者简介:

李钜(1982-),男,硕士研究生,主要研究方向为人工智能在电力系统中的应用;E-mail: pm1h03@sina.com

刘涤尘(1953-),男,教授,博士生导师,研究方向为电力电子装置与自动监控。