

# 基于 PQD IF格式压缩的电能质量数据模型

丁屹峰<sup>1</sup>,程浩忠<sup>1</sup>,占勇<sup>1</sup>,孙毅斌<sup>2</sup>

(1. 上海交通大学电气工程系,上海 200030; 2 上海市区供电公司,上海 200080)

摘要: 标准化数据解决方案是不同厂家的电能质量监测系统实现互操作性,达到信息共享的重要保证。介绍了电能质量数据交换规范 PQD IF (Power Quality Data Interchange Format)。在此基础上详细分析了电能质量数据传送、数据对象统一建模和基于 Zlib的数据压缩等内容。采用此数据模型基于 Web技术的电能质量监测和分析系统已投入运行。

关键词: 电能质量; PQD IF; 数据压缩

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2005)07-0055-04

## 0 引言

电能质量的监测和分析是对电力系统进行治理以改善其电能质量的前提条件。其相应的标准也在不断建立和完善,监测和分析技术也在积极探索和实践中。当前 Internet技术的发展为信息共享、数据交换提供了便利,也为电能质量监测的网络化提供了有效的手段。

我国的电能质量在线监测一般都以某一厂家的监测仪器为核心,建立小范围的数据中心,通讯方式有基于 MODEM 的<sup>[1]</sup>,有基于以太网的等等<sup>[2]</sup>,这类方式存在着明显不足:第一,各监测仪器之间的数据不能相互交换,无法实现数据的共享;第二,随着监测指标不断增加,特别是对于各种暂态过程,如脉冲 (Impulses)、骤升 (Swells)、骤降 (Sags)等,都需要采用高速数据采集系统,以反映信号的完整特性,采样频率的提高对存储量提出了一定的要求。在存储容量有限的情况下,采用数据压缩技术,可以满足小容量存储空间和高采样率的需要。

电能质量监测和分析不仅需要海量数据,而且涉及广泛的数据来源、多种类型的数据内容和描述。如果数据格式各异,指标含义不统一,必将导致数据管理的混乱。采用虚拟仪器技术开发的电能质量数据的提取可以采用 USB 接口,或通过网络监控软件 PcAnywhere进行远程数据传输,但这些方式必须在主控端和被控端同时安装相应软件<sup>[3]</sup>;基于 DataSocket技术开发的电能质量数据采用专用的 SDTP (datasocket transfer protocol)专用的协议。为了适应电能质量有关测量数据和计算数据的存储,

必须制定统一的数据指标体系,作为数据采集、交换和分析标准,因此,IEEE标准委员会提出了一种电能质量数据的交换格式 PQD IF (Power Quality Data Interchange Format),完全独立于监测设备的软、硬件,不仅可以较好地解决多数据源数据的兼容问题,还可以实现电能质量物理属性的多角度观察功能,满足了电能质量监测技术的发展需要。

## 1 PQD IF规范和数据对象建模

PQD IF文件格式有两层结构:物理层结构和逻辑层结构<sup>[4]</sup>。物理层描述文件的物理结构与实际存储的内容无关。物理层使用标记识别文件的特定元素。逻辑层使用物理层定义的结构,当在文件中建立元素时,描述使用的特定标记。

### 1.1 物理层结构

1) 标准的 PQD IF平面文件。文件由一系列的“记录 (Record) 链组成,记录头中提供了该记录链的绝对链接 (文件的绝对坐标或位置),如图 1 所示。

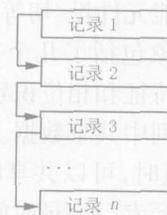


图 1 标准 PQD IF平面文件模型

Fig 1 Standard PQD IF flat file model

2) 记录的内部结构。PQD IF的每个记录类型具有相同的记录头和紧接着的记录体所组成的基本结构。记录头中记录了该记录链的绝对链接。

3) 记录头。每个记录都有一个标准的记录头,

基金项目: 高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划的资助

它用唯一的“标识 (Tag) 符标记。记录头中另一个条目是指定记录的标记,如容器、数据源等等、大小、和与下一个记录的绝对链接。可能还有其它状态信息:如该记录是活动的或是已被删除的。

4) 记录体。记录体由一个元素集组成。有三种类型的元素:集合 (Collection)、标量 (Scalar)和向量 (Vector)。

## 1.2 逻辑层结构

基本的逻辑层结构由“记录”的逻辑分层组成,即由一个简单“容器记录 (Container record)”紧接着一个或多个数据源、监控器设置、观察数据组成。实际监测中的每一个设备都可以定义为一个容器,设备的设置和采样数据都是逻辑层的实例。此外还可以通过定义新的标记来“扩展 (Extend) 记录。”

在每个记录的头部用绝对链接来定义记录的次序。通过紧接着的记录表,定义了一个线性记录表,该线性表有一定的逻辑层次。

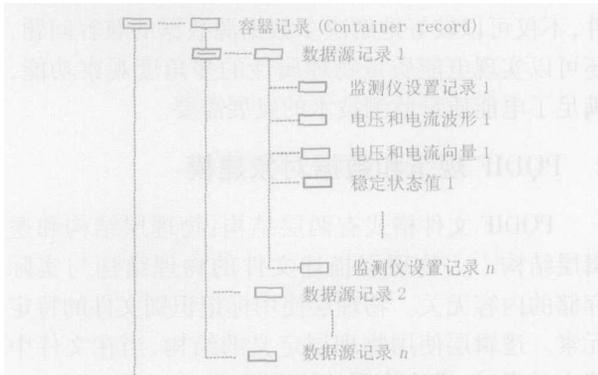


图 2 逻辑层数据对象定义

Fig 2 Object model of logical level data

图 2 是电能质量监测数据的逻辑层对象定义。观察记录,包括相电压、相电流、有功和无功功率、实时波形等都可以该对象中定义。此外,一些开关量如通道设置和功能元件投/切等,也可由该逻辑层对象定义。数据对象包括了几个基本的概念:数量类型、测量值、数量特征和相位识别。为了节约空间还可以从另一个数列中共享数据。例如在储存基于时间的电压、电流值时,可以共享时间数列,而不必为每一个储存的内容专门记录时间。

PQDIIF格式采用例举 D 描述逻辑层的元素,可以通过其对象命名方法读取容器记录中的任意参数,例如:

D\_PHASE\_AN, D\_PHASE\_BN, etc: 分别返回线路的 A 相、B 相或 C 相。

D\_QU\_VOLTS, D\_QU\_AMPS, etc: 分别返回

序列中电压或电流值。

D\_SERIES\_VALUE\_TYPE\_MIN, D\_SERIES\_VALUE\_TYPE\_MAX, etc: 分别返回序列中最大或最小值。

## 1.3 PQDIIF格式的数据对象建模

PQDIIF对电能质量数据通过标识继承性和其数值来记录,标识可以拓展到任意一层<sup>[5]</sup>。一个数据源结构如下:

```

tagRecObservation / 确定一个观察记录
tagObservationName / 观察记录名称
tagTimeCreate / 创建时间
tagTimeStart / 发生时刻
...
tagChannelInstances / 通道实例的一个排序
tagOneChannelInst / 确定一个通道
tagChannelDefindx / 一个通道对应一相电流或电压
...
tagSeriesValues / 数值序列

```

通过标识的继承性,可以得到电能质量数据的属性,包括线路、线路类型、发生时刻、持续时间和数值大小等。对于有直接继承关系的数据,可以直接记录,而一些没有直接继承关系的数据,可以进行标识定位或查找逻辑关系进行记录。

有了基本的数据继承关系,以此为基础就可以得到电能质量监测所需全部数据的拓扑关系。

## 2 数据压缩

Zlib压缩算法是一种公开的算法,没有任何版权。Zlib动态链接库 (DLL) 的授权方式公布在网络上,它容许任何公司以任何方式去使用它<sup>[6]</sup>。可以适用于文件、COM 端口、TCP/IP、数据库等不同的输入/输出方式。其压缩过程如图 3 所示。

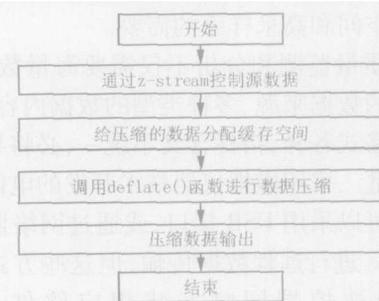


图 3 Zlib压缩算法流程

Fig 3 Algorithm of Zlib compression

二进制格式的 PQDIIF 不压缩也相当紧凑, PQDIIF使用开放的 Zlib 压缩方法。当记录级压缩时,所有的记录头都是不压缩的,如图 4 所示。



图 4 PQDIF数据压缩

Fig 4 PQDIF data compression

除容器记录外的所有记录体都可作为一个独立块压缩。该压缩方法允许 PQDIF 阅读程序快速地了解文件的结构,而不必对文件的条目内容进行阅读和解压缩。

### 3 在电能质量监测与分析系统中应用

#### 3.1 数据形成过程

电能质量监测仪采样速率 6.4 kHz/每通道采样;

每分钟电能质量指标分析量(目前大约有 200 个左右);

根据电能质量指标的超标情况,记录超标 3 s 的电压、电流有效值数据。

#### 3.2 数据量分析

一个监测点数据量分析:

实时波形数据(三相线电压、线电流、中线电流)

$7 \times 6400 \text{ Hz} \times 32 \text{ bit} = 1400 \text{ kbps}$ ;

电能质量指标(200个左右电能质量指标)

$200 \times 32 \text{ bit} / 60 \text{ s} = 110 \text{ bps}$ ;

3 s 超标数据(三相线电压、三相线电流、中线电流)

$7 \times 50 \text{ Hz} \times 3 \text{ s} \times 32 \text{ bit} / 60 \text{ s} = 1200 \text{ bps}$ 。

#### 3.3 数据流程

在基于 Web 技术三层体系的电能质量监测和分析系统中,监测终端完成电能质量的数据采集和本地分析,如图 5 所示,监测装置将实时数据转换成通用数据格式 PQDIF 存储于中间数据源,按照自定义的数据通信协议交换数据,监控中心的服务器端通过网络定时器或召唤命令向客户端申请建立连接,客户端接到请求之后,和服务器端建立连接,服务器端向客户端发送控制信号,客户端将中间数据源的数据上传到数据中心的 SQL Server 服务器中。

采集数据储存在 PQDIF 文件的集合中,这些文件以分层文件结构储存。分层开始的根文件夹是完

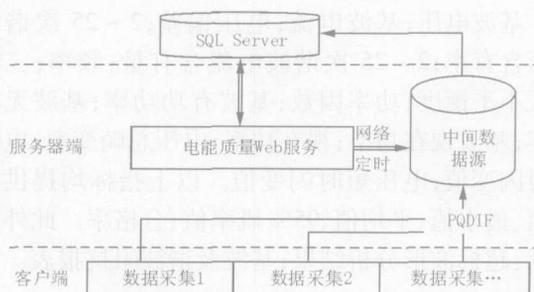


图 5 数据传送系统模型

Fig 5 Data transmission system model

全任意的,可以通过 PQDIF\FOLDER\N 设置文件指定根文件夹。其中 DIRECTOR YMAP 标记将装置名映射到包含 PQDIF 文件的目录; GATEWAYMAP 标记将装置名映射到网关名; LASTIMPORT 标记数据库应用程序可以将任何文件名“大于”该日期时间的文件都将不被导入到数据库。

N 文件的命名扩展和内容句法遵循微软的同类配置文件惯例,可以用 WIN32 API 函数来管理文件的内容。

#### 3.4 应用实例介绍

电能质量监测和分析系统已在上海电网投入实际运行,情况良好。用户可在局域网中任意地点、任意时间通过 Web 浏览器进行电能质量的监测和分析。主要完成对各种电能质量数据的分析和查询。内容包括以下两个方面。

(1)对某条线路基于时间序列的分析,提供每分钟的具数据。

电压:基波电压有效值;电压有效值;2~50 次谐波电压的含有率;谐波电压含有率频谱;偶、奇次谐波电压畸变率;电压总畸变率;电压偏差;三相电压不平衡度;电压长期闪变值 ( $P_{lt}$ );电压短期闪变值 ( $P_{st}$ );电压波动最大值;电压波动最小值;电压波动平均值;电压波动 95% 值。

电流:基波电流有效值;电流有效值;2~50 次谐波电流值;谐波电流幅值;谐波电流幅值频谱;负序电流;电流总畸变率。

相位:同次谐波电压(电流)相角。

功率:基波视在功率;基波有功功率;基波无功功率;基波功率因数;功率因数。

波形:正常波形显示和频谱显示;超标波形显示和频谱显示;以上指标均提供数据保存、报表输出功能。

(2)电网整体电能质量报表统计、输出内容包括。

基波电压;基波电流;电压偏差;2~25次谐波电压含有率;2~25次谐波电流含有量;频率;三相电压不平衡度;功率因数;基波有功功率;基波无功功率;基波视在功率;视在功率;电压总畸变率;电压长时闪变值;电压短时闪变值。以上指标均提供最大值、最小值、平均值、95%概率值、合格率。此外还包括:超标波形分析结果;基波及谐波阻抗报表。

#### 4 结论

PQDIF是一种平面文件结构,由各记录链接而成,通过标记元素结构将数据的物理属性和逻辑属性分离,具有良好的扩展性和压缩性,它的功能类似于中间件,使多数据源具有良好的兼容性,便于实现数据的共享,它为分析电网的电能质量问题以及实现电能质量管理和分析系统提供一种很好的平台。采用PQDIF格式的数据压缩技术已经在电能质量监测系统中得到了应用,实践表明,该算法能够满足电能质量在线监测技术的要求。

#### 参考文献:

- [1] 王宾,潘贞存,赵建国,等. 电能质量监测数据的同步处理与装置设计[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(11): 45-49.  
WANG Bin, PAN Zhen-cun, ZHAO Jian-guo, et al. Data Synchronous Processing and Device on the Monitoring of

- Electric Power Quality[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(11): 45-49.  
[2] 艾欣,禹超,郭学艳,等. DataSocket技术在电能质量网络化监测系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(2): 79-82.  
AI Xin, YU Chao, GUO Xue-yan, et al. Application of DataSocket Technology in a Web-based Power Quality Monitoring System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(2): 79-82.  
[3] 张鹏展,艾欣. 应用PcAnywhere的电能质量在线监测研究[J]. 华北电力大学学报, 2003, 30(3): 9-12.  
ZHANG Peng-zhan, AI Xin. Study on Power Quality Online Monitoring Applied PcAnywhere[J]. Journal of North China Electric Power University, 2003, 30(3): 9-12.  
[4] IEEE P1159.3 Draft, Recommended Practice for the Transfer of Power Quality Data[S].  
[5] Implementing PQDIF Version1. 5[Z].  
[6] RFC 1950 ZLIB Compressed Data Format Specification Version 3.3[Z].

收稿日期: 2004-07-14; 修回日期: 2004-09-17

#### 作者简介:

丁屹峰(1971-),男,博士研究生,研究方向为电力负荷预测和电能质量;E-mail: dingyf\_2001@sjtu.edu.cn  
程浩忠(1962-),男,博士生导师,主要从事电网规划、电压稳定、电能质量、电力市场等方面的教学科研工作。

#### A data compression model for power quality based on PQDIF format

DING Yi-feng<sup>1</sup>, CHENG Hao-zhong<sup>1</sup>, ZHAN Yong<sup>1</sup>, SUN Yi-bin<sup>2</sup>

(1. Dept of Electrical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China;

2. Shanghai Urban Power Supply Company, Shanghai 200080, China)

**Abstract:** Standard data solution is the basis for realizing inter-operation and information sharing with many vendors. The main format of PQDIF (Power Quality Data Interchange Format) is introduced and power quality data transmission, data object modeling and data compression based on Zlib algorithm are analysed in the following. Power quality monitoring and analysis system based on Web and these data models has been employed in engineering application.

**Key words:** power quality; PQDIF; data compression

(上接第 36 页 continued from page 36)

**Abstract:** This paper introduces the evolution attenuation factor into traditional adaptive genetic algorithm, which enables the genetic algorithm to adjust the possibilities of crossover and mutation adaptively according to both the individual fitness and evolution generations. The new adaptive genetic algorithm overcomes the shortcomings of traditional adaptive genetic algorithm, including premature and relatively slowly searching speed in the solution space. Elitist strategy guarantees the global convergency of the new genetic algorithm. Infeasible solution heuristically repairing process is used in the restriction of algorithm. The proposed algorithm is applied to PMU placement optimization problem and fulfills the requirement of minimizing the number of PMUs in the system while keeping all nodes voltage phasor observable. A graph-theoretic procedure based on depth first search is to analyze the system observability. Illustrative results on the IEEE14-bus system, IEEE39-bus system and a provincial 46-bus system are provided.

**Key words:** phasor measurement units; observability; adaptive genetic algorithm; optimization