

PQDIF 在嵌入式电能质量监测终端上的实现与应用

朱伟立¹, 王 俊², 王 巍¹, 金耘岭¹

(1. 南京灿能电气自动化有限公司, 江苏 南京 211100;

2. 江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要: PQDIF 作为电能质量数据的国际标准交换格式, 在电能质量监测系统中得到了广泛的应用, 但限于技术实现上的困难, 一般对 PQDIF 文件的生成均在系统端实现。分析了 PQDIF 文件的结构, 提出了 PQDIF 在嵌入式装置上实现的技术支撑, 介绍了 PQDIF 格式文件在 PQS-880 系列在线式电能质量监测装置上的实现过程, 并对 PQDIF 应用前景进行了阐述。

关键词: PQDIF; 电能质量; 监测终端

中图分类号: TM769

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2011)02-0059-04

进入 21 世纪以来, 电能质量问题在国内受到了越来越多的关注。国家发改委《能源发展“十一五”规划》把“电能质量监测与控制”列入了重点发展的先进适用技术。《国家中长期科学和发展规划纲要(2006~2020)》把“电能质量监测与控制”列为重点研究的技术之一。国家电网公司近年来针对电气化铁路和风力发电并网接入进行了多项专题研究。国家质监局和标委会先后制订和修订了多项关于电能质量的国家标准, 对电能质量的概念、测量方法和运行规范提出了科学和明确的要求, 很好地指导并规范着电能质量专业的发展。电能质量监测也成为了我国当今建设“智能电网”的一项不可或缺的关键技术。

电能质量监测网最基本的功能就是实现监测终端(装置)与监测系统之间的数据交换, 然而目前国内已建的监测网在终端与系统的数据交换上存在一个突出的问题——没有统一的通信协议。终端设备厂家采用不同的通信介质和通信协议, 需要通过复杂的通信接口和协议转换实现电能质量数据的传输, 导致整个系统的复杂度大为提高, 运行可靠性降低, 系统维护工作量巨大。实际上, 2002 年 IEEE 制定的 1159 标准规定了电能质量数据标准交换格式(PQDIF), 可以作为异构系统之间数据交换的标准格式, 具有很好的通用性。国内对 PQDIF 的研究和实践有很多成果, 文献[1—3]对 PQDIF 文件格式做了详细的剖析, 文献[4—7]对 PQDIF 在监测系统中的应用做了介绍, 但所有这些都是系统端, 也即在计算机上的应用, 文献[8, 9]在实际的监测终端的研制中坦承在嵌入式设备上实现 PQDIF 不太现实。所有这一切都说明, PQDIF 作为电能质量数据的标准交换格式得到了认同并在系统端得

到了广泛的应用, 但在嵌入式监测终端实现 PQDIF 文件尚需技术突破。嵌入式监测终端上如直接将电能质量数据转换为 PQDIF 文件, 将大大简化终端设备与系统的数据交互, 减少对通信网络的依赖和对带宽的占用。

本文通过分析 PQDIF 文件结构、资源需求基础上, 结合我公司 PQS-880 系列嵌入式电能质量在线监测装置的研制, 介绍了 PQDIF 在嵌入式终端上实现方法和过程, 并对其前景做了阐述。

1 PQDIF 文件结构分析

PQDIF 是由美国电科院 EPRI 联合若干设备厂家在 20 世纪 90 年代制定的一个标准, 后在 IEEE SCC22 标委会及 1559 工作组的努力下, 使之成为 IEEE 标准。制定该标准的初衷是能够在不同设备厂家和系统之间提供标准的、独立于具体设备的格式文件以交换电能质量相关的数据。

PQDIF 是一个特殊格式二进制文件, 具有两层结构: 物理结构和逻辑结构。物理结构用于描述 PQDIF 文件二进制流的存储方式, 与存储的内容无关。逻辑结构用于标定 PQDIF 文件中各项目的层次关系, 并根据该层次关系决定物理结构的存储顺序。因此逻辑结构和物理结构是相互联系, 相互补充的。

1.1 物理结构

PQDIF 格式文件是由一系列的记录所组成的记录集合(物理结构如图 1 所示)。这些记录是按照链表的形式排列的, 每个记录中都有记录自己长度, 以及下个记录的位置。

每个记录均具有相同的基本结构, 包含记录头和记录体。每个记录头都有一个全球唯一的标记符(GUID)来标识, 记录头还包括用标签(Tag)来标识的记录类型、记录头的大小、记录体的大小以及一个

指向下一个记录的链接。记录体由一系列元素组成,分为3种类型:集合(Collection)、标量(Scalar)、向量(Vector)。集合实质上是由标识和元素所构成的一个分层的数据结构,它可以包含标量、向量,还可以包含集合。标量(Scalar)指一个特定物理类型(如INT4、REAL8)的单值。向量(Vector)指一个特定物理类型的任意大小的数列。

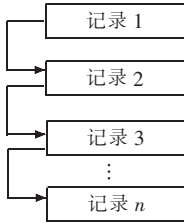


图1 PQDIF文件物理结构

从物理结构可以看出,PQDIF是一个具备“自解释”能力的文件,这是它的优点同时也是缺点。优点是只要交换双方遵循同样的规则,能够识别标识和标签,可以很方便的提取出数据;缺点是这些自解释的内容占用了大量的存储空间。

1.2 逻辑结构

基本的逻辑结构由一个容器记录(Container record)、一个或多个数据源记录(Data source record)、监测器设置记录(Monitor setting record)和观测值记录(Observation record)组成,如图2所示。而每个记录的物理结构如1.1所述,这样就建立了物理结构和逻辑结构的关联。

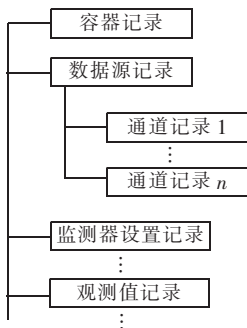


图2 逻辑结构

PQDIF文件的所有记录之间的关系由逻辑结构解释,而记录的存储格式则由物理结构来解释。两者是相互联系,密布可分的。物理结构中每个记录的记录头类型标识(GUID)标识了本记录属于逻辑结构的名称和层次,同时标识了与下一个记录体的绝对链接,标明了逻辑结构中的线性连接。逻辑结构则规定了物理结构记录体内存储数据的结构。或者说,物理结构实现所有记录的存储,逻辑结构实现了数据之间的关联,使整个文件具有很好的扩展性,同时又有较强的容错、纠错能力。

2 数据源记录和观测值记录

PQDIF文件中,数据源记录和观测值记录是最重要的2种记录,2种记录是相互关联的,数据源记录为观测值记录提供测量的测量序列类型、测量值名称、测量值单位、测量值类型、相位等信息,而观测值记录则根据对应的数据源记录定义记录测量值。

2.1 数据源记录

一般来说数据源记录(指记录体)按照逻辑结构可以分成3种层次。第一层为数据源定义(Data-source definition);第二层为通道定义(Onechannel definition);第三层为测量值序列定义(Series definition)。数据源记录逻辑结构如图3所示。

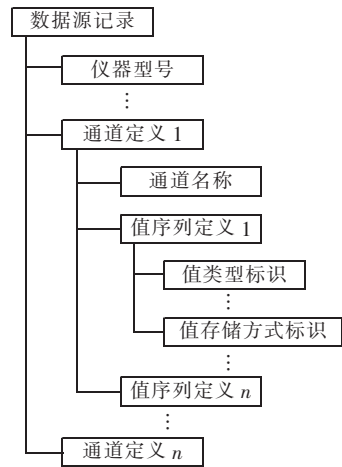


图3 数据源记录逻辑结构

数据源定义,主要记录数据源记录里面常用的一些基本信息,如:仪器型号、厂家标识、数据源标识、时区、地理位置。

通道定义,主要记录如下信息:通道名称、相位、数据类型(波形,趋势,统计值,瞬时值等)、测量类型(电流、电压、功率等)等。

值序列定义,主要保存通常对所有观测值都需要的信息。如:类型(时间、最大值、最小值、平均值、95 概率大值等)、单位(秒、伏、安、乏,等)、特性(时间序列,瞬时值序列,等)及存储方式(等级增长、值数组、值刻度等)等。

以上3个层次中,第一层内的信息是惟一的,第二层通道定义和第三层值序列定义的数量则取决于监测终端的功能及系统需求2个方面,也就是说对功能确定的监测终端来说,该记录的内容完全取决于系统需求,可能是变化的。

2.2 观测值记录

观测值记录是数据源记录的实例,它保存的就是数据源记录中所定义的通道的具体信息(电能质量数据)。观测值记录(指记录体)按照逻辑结构可以

分成3种层次(如图4所示):第一层为观测值定义(Observation definition)、第二层为通道实例(Onechannel instance)、第三层为测量值序列实例(Oneseries instance)。

观测值定义,主要记录观测值记录的一些基本信息,如名称、创建时间、起始时间、触发方式等。

通道实例,主要记录通道属性和所对应的通道定义的索引,如通道频率、通道定义索引等。

测量值序列实例,主要保存序列值(实时数据)及是否共享等信息,如比例系数、偏移量、共享通道索引、共享序列索引、以及最重要的值序列。

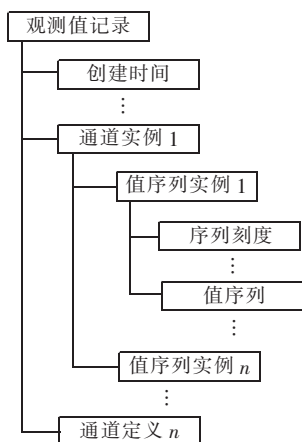


图4 观测值记录逻辑结构

以上3个层次中,第一层内的信息是惟一的,第二层通道实例通过通道定义索引对应数据源记录中相应的通道定义,通道实例数目与数据源记录中的通道定义应对应,否则为无效通道。第三层测量值序列实例的个数和顺序必须和数据源记录中相应通道定义下的测量值序列的个数和数量吻合。

PQDIF提供了数据共享的一个机制,主要是针对电能质量数据的时间标签。这在实际应用中非常实用。数据共享示意图见图5。

另外,PQDIF文件的记录中的记录体(除容器记录外)均可以采取数据压缩算法,以减少文件存储空间。目前支持的文件压缩算法有2种,即ZLIB和PKZIP。主要原因是这2种算法的版权是免费的。

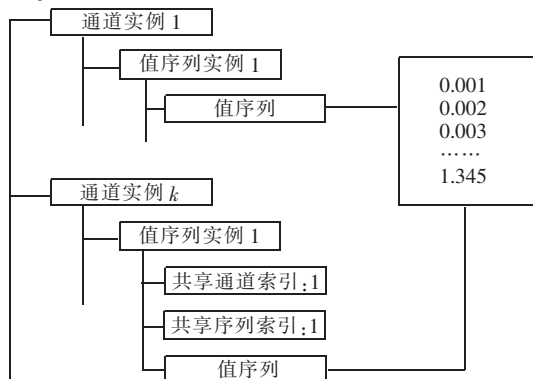


图5 值序列共享示意图

3 监测终端实现 PQDIF 的平台支撑

通过对上述分析,在监测终端上实现 PQDIF 文件生成在技术上完全可行,但实现该功能需要硬件和软件上的双重支撑,现有的监测终端实现困难的主要原因有:

(1)硬件方面:CPU处理能力的限制、内存的限制、存储空间的限制;

(2)软件方面:多任务实时操作系统的支持、文件系统的支持等。

下面简单地对生成 PQDIF 所需要的内存资源做一个估算。一个电能质量监测点一般包括:三相电压和三相电流,对于统计数据(基本的稳态测量指标)一个点的数据量是5K字节左右,按照国标要求,最短要支持1min产生一个统计数据,而一分钟的数据类型可能包括:最大、最小、平均、CP95值4种。如果每天生成1个PQDIF文件,则1天会产生14404个数据。为保存这些数据,需要占用 $14404 \times 5 = 28800$ K字节的内存。由此可见,对硬件资源的需求相当大。因此,需要监测终端具有较高的CPU处理能力,较大的内存容量和存储空间,以及在软件上支持多任务实时操作系统和文件系统是实现装置层面生成 PQDIF 的关键。

4 PQDIF 文件的实现

4.1 应具备的功能

根据上述分析,确定了在 PQS-880 监测装置上实现 PQDIF 的方案,它应该具有如下功能:(1)数据源可配置,主要是通道定义和值序列定义及可根据客户要求定制,同时可定制不同的数据标签;(2)统计数据时间间隔最短可至1min,这时所需的系统资源是最高的;(3)数据只包括稳态的电能质量指标,如电压、电流幅值、电压偏差、频率偏差、2~50次谐波电压、电流等,不包括暂态电能质量事件的瞬时值数据;(4)可以根据用户要求的任意时间段生成文件,如可每天生成一个文件或者每隔若干小时生成一个文件;(5)按监测点生成文件,可支持多监测点的监测终端。

4.2 实现步骤

4.2.1 下载配置文件

实现数据源可配置的功能,由于各地监测系统对 PQDIF 文件需要交互的数据有一些差异,主要体现在某些标签和数据类型上。如:谐波次数的标签会不同;也可能会需要最大、最小、平均和 CP95 值4种类型中的一种或多种,由此必须在生成 PQDIF 文件之前配置这些信息。通过在系统端提供的 PQDIF

配置工具生成配置文件,下装到终端的存储介质上。终端在上电后读取配置文件,并将配置信息保存至内存结构中。如果上电检测出存储介质出错或不存配置文件,则读取缺省的配置表。

4.2.2 数据重组

PQDIF 记录的是一个时间段内的数据,如:一天的监测指标数据,是按照每个通道从该段时间的开始至结束的所有数据的组合,因此合理的数据排布方式应该是:通道 1 数据(起始时刻-结束时刻),通道 2 数据,……,通道 n 数据。而正常的统计数据保存方式是按照设定的统计时间间隔进行的,每个时间点将监测点的一组监测数据保存下来,也就是正常的数据排布方式是:起始时刻数据(通道 1~通道 n),……,结束时刻数据(通道 1~通道 n),如果按照正常的数据排布方式来搜索,效率会非常低。因此,为了适应 PQDIF 文件生成的需要,需要对监测指标的数据要进行重组,在内存中开辟独立的空间,作为数据重组后的存放之用。数据重组如图 6 所示。

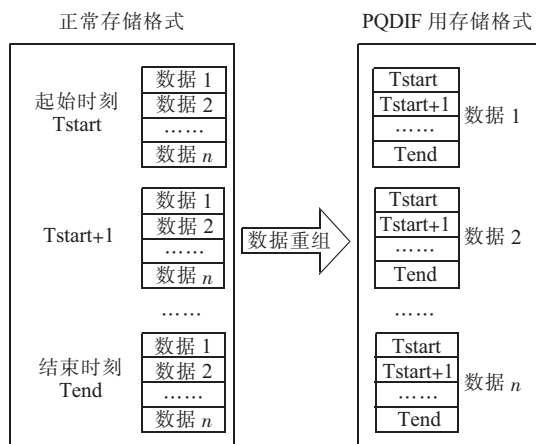


图 6 数据重组示意图

4.2.3 文件生成

每个监测点生成一个 PQDIF 文件,文件命名规则为:监测点名称+时间跨度.PQD。如每天生成一个 PQDIF 文件,则监测点 1 的 PQDIF 文件名为:Line1-20100801-0000-2400.PQD。

5 讨论

5.1 应用优势

PQDIF 作为电能质量数据交换的国际标准格式,标准的制定者充分考虑了电能质量监测专业的特点,针对性很强,具备很好的通用性和扩展性,对于电能质量监测终端、监测系统以及其他系统之间交互电能质量数据起了很好的作用。在监测终端上实现 PQDIF 文件,将给终端的应用和系统的运行带来很多好处,如:减少对实时通信的依赖,不需要复杂的通信规约来传输数据;减少对通信网络带宽的

占用,可以灵活的在网络空闲时提取 PQDIF 文件。

对监测系统来说,不需要过多考虑监测终端点数的限制;另外在企业用户或没有条件传输实时数据的孤立运行点,可以定期通过方便的应用软件(如 FTP 客户端软件),从当地提取出保存在终端中的 PQDIF 文件,再传输给系统,不需要任何的转换即可使用数据;这些都是在终端端实现 PQDIF 文件的现实意义。

5.2 局限性

随着“智能电网”、“数字化变电站”建设的推进,PQDIF 也显示出其局限性。PQDIF 以文件方式实现数据交互的效率不高,不能满足实时系统的实时性要求,似乎更适合于离线的数据交互。另外,PQDIF 采用了一套完整的、自定义的物理和逻辑结构以及标识和标签体系来实现数据的自解释,但该套体系并不具备广泛的通用性,文件的生成和解码都需要专用的软件来完成,限制了 PQDIF 的应用范围。随着 IEC 61850 标准的不断完善,其先进性、通用性和可扩展性,使其在今后可能成为电力系统自动化领域的统一的通信协议。IEC 61850 标准也已将电能质量监测纳入其体系范围,在 IEC 61850-7-4(V2.0)标准(2010 年 3 月发布)中已经形成了完整的电能质量监测的建模。可以预见,作为智能电网的重要组成部分,实时电能质量监测网以 IEC 61850 为标准的通信协议实现电能质量数据交互将成为趋势,而 PQDIF 仍可以在离线应用以及不同系统之间(未联网)交互数据方面发挥其应有的作用。

6 结束语

在最新研制的 PQS-880 系列在线电能质量监测装置中,成功实现了就地 PQDIF 文件的生成功能,这是当前嵌入式电能质量监测终端研制的一个突破。通过 PQDIF 文件实现监测终端与系统的数据交互,可以克服目前监测终端与系统通信协议转换所带来的通信环节过多,故障率较高的问题,同时大为降低对网络的依赖,节省网络带宽,具有比较现实的应用意义。

参考文献:

- [1] 赫伟珊,齐林海,林天华.电能质量分析系统中异构数据交换的实现方法[J].电力科学与工程,2009,25(11):45-47.
- [2] 丁屹峰,程浩忠,占勇,等.基于 PQDIF 格式压缩的电能质量数据模型[J].继电器,2005,33(7):55-58.
- [3] 郭继红,颜湘武,马甲军.电能质量数据 PQDIF 格式及其实现[J].电测与仪表,2004,41(9):41-44.
- [4] 张志生,孔德红.Pqdif 规范在电能质量监测中的应用[J].南方电网技术,2009,3(11):178-180.
- [5] 袁晓冬,罗曦,顾伟.电能质量监测统一平台及 PQDIF 数

(下转第 65 页)

同系统之间交互数据方面发挥其应有的作用。

6 结束语

大型电能质量监测系统的建设,是一项长期的、复杂的系统工程。因此在系统规划初期,必须根据情况的不同,选择好适合实情的构成方案。从国内各省市的多年实践可以看出,系统方案的合适与否,最终决定着监测系统建设的成与败。很多失败的案例,究其原因就是系统方案一开始没有考虑好。本文介绍的2层和3层结构,是按照系统逻辑结构划分的两种方案,对各种不同情况下的系统建设具有较强的参考意义。

参考文献:

[1] 邹宏亮,康 健,崔大伟,等. 区域电网电能质量监测系统的构建[J]. 电工技术,2010(2):20-22.

[2] 何维国,谢 伟,张 健. 上海电网电能质量监测系统[J],华东电力,2010(4):497-499.

[3] 赫伟珊,齐林海,林天华. 电能质量分析系统中异构数据交换的实现方法[J]. 电力科学与工程,2009,25(11):45-47.

[4] 郭继红,颜湘武,马甲军. 电能质量数据 PQDIF 格式及其实现[J]. 电测与仪表,2004,41(9):41-44.

[5] 张志生,孔德红. Pqdif 规范在电能质量监测中的应用[J]. 南方电网技术,2009,3(11):178-180.

作者简介:

雷 斌(1971-),男,江苏大丰人,助理工程师,从事电力系统自动化设备的运行、技术管理工作;

余金霞(1982-),女,江苏句容人,助理工程师,从事电能质量监测装置的研发和工程服务工作;

李 忠(1973-),男,江苏启东人,工程师,从事电力系统自动化装置的研究与开发工作。

Discussion on Power Quality Monitoring System Scheme

LEI Bin¹, YU Jin-xia², LI Zhong²

(1. Dafeng Power Supply Company, Yancheng 224100, China;

2. Nanjing Shining Electric Automation Co. Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: The choice of system scheme is very essential and important during the construction of large-scale power quality monitoring system. After analyzing the basic functions of the monitoring system and two kinds of interactive system modes, the paper introduces system schemes with two-layer and three-layer logical structure. Based on the analysis and comparison of the two schemes, their application situations are given respectively. In the end, the paper also presents the communication interface and data interchange format of monitoring system.

Key words: power quality; constitution scheme; PQDIF

(上接第 62 页)

据格式研究[J]. 江苏电机工程,2009(5):29-32,51.

[6] 马玉林,覃剑永,李辉杰. 基于 PQDIF 的集成式电能质量监测系统的研究与应用[J]. 广西电力,2009,32(2):18-22.

[7] 刘小舟,丁华强. PQDIF 在电能质量监测系统中的应用[J]. 华北电力技术,2007(4):33-35,39.

[8] 李树军,石新春,付 超. 基于 PQDIF 的电能质量监测系统的设计[J]. 大功率变流技术,2009(2):49-52.

[9] 刘伟明,陈建元. 嵌入式电能质量监测装置的设计与实现[J]. 电子测量技术,2008,31(11):164-167.

作者简介:

朱伟立(1970-),男,江苏南京人,工程师,从事电力系统自动化产品的研究、开发及管理工作;

王 俊(1977-),男,江苏泰兴人,助理工程师,从事电能质量产品的研究和管理工作的;

王 巍(1980-),男,江苏南京人,工程师,从事电力系统自动化产品的系统开发工作;

金耘岭(1970-),男,安徽淮南人,高级工程师,从事电力系统自动化产品的研究、开发及管理工作。

Realization and Application of PQDIF in Embedded Power Quality Monitor Terminal

ZHU Wei-li¹, WANG Jun², WANG Wei¹, JING Yun-ling¹

(1. Nanjing Shining Electric Automation Co. Ltd., Nanjing 211110, China;

2. Jiangsu Frontier Electric Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: As the international standard exchange format, PQDIF has been widely applied in power quality monitoring system. PQDIF file generation is usually realized only in system side limited to technical difficulty. This paper analyses the structure of PQDIF file, proposes the enabling technologies of realization in embedded hardware platform, and introduces the procedure of realization in PQS-880 series online power quality monitor. The application foreground of PQDIF is also expounded in the end.

Key words: PQDIF; power quality; monitor terminal