

# 具有开放性的电能质量 SCADA 系统的设计与实现

梁梅, 刘永强, 袁明军

(华南理工大学电力学院, 广东 广州 510641)

**摘要:** 针对目前国家建设“智能电网”的要求, 提出具有开放性的电能质量 SCADA 系统的设计和实现方案。对监测对象进行了分类, 并指出了不同性质监测点应该监测的电能质量指标体系。根据该指标体系, 提出了基于 J2EE 平台实现一个多层次、分布式的 SCADA 系统的立体应用框架, 使得应用既兼容标准的 Web 浏览器, 又提供专用的应用程序客户端, 同时还支持基于 Web 服务的信息集成。对于该系统, 参考 IEC 和 IEEE 标准, 给出了静态模型和动态模型的设计方法, 建立具有开放性的信息模型, 以实现异构的 SCADA 系统之间的信息交换。

**关键词:** 电能质量; SCADA 系统; 指标体系; 开放性; PQDIF

## Design and implementation of open power quality SCADA system

LIANG Mei, LIU Yong-qiang, YUAN Ming-jun

(Department of Electrical Power, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

**Abstract:** Aiming at the national construction “intelligent network”, a plan for the design and implementation of open power quality SCADA system is presented. This paper divides the monitoring object into two classes, i. e. bus line point and feeder line point, and points out that different nature stations should monitor different indicators. Based on the index system, a multi-level and distributed SCADA system of three-dimensional application framework with J2EE platform is put forward. This framework is compatible with the standard Web browser, provides special application client, and also supports Web information integration service. In this system, static and dynamic model based on the reference IEC and IEEE standard is established, so that the open information model is published to exchange information between heterogeneous SCADA systems.

**Key words:** power quality; SCADA system; index system; openness; PQDIF

中图分类号: TM714 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)11-0081-05

## 0 引言

随着国内经济的高速发展, 电力系统的规模不断扩大, 越来越多的 SCADA 系统在电力领域投入运行。目前普遍运行的系统包括调度自动化系统、集控站自动化系统、电能量采集系统、负荷控制系统等。针对国家建设“智能电网”的要求, 也就是: 第一层次, 提高电网的可观测性; 第二层次, 实现对电力企业信息的传输和集成; 第三层次, 在信息集成的基础上, 进行高级分析。因此, 要求在调度信息与生产管理信息有效集成的基础上, 实现从不同维度和层次对数据进行分析, 使得异构的 SCADA 系统之间能够实现数据交换, 确定对应的决策方案。

PQ 产业主要由三部分组成: 电能质量在线监测终端、电能质量监测与管理系统和电能质量控制装置。其中前两部分也可合称为: 电能质量 SCADA

系统。电能质量 SCADA 系统主要是对电流、电压进行同步连续测量, 并对各质量指标进行分类辨识和统计。系统具有终端数据大、监测点分散、数据采集不可间断和数据量大的特点, 因此电能质量 SCADA 系统必须具备分布式测量的特征、完善的远程通信功能和强大的数据管理功能。

目前, 国内大多数电能质量管理体系都是独立成网, 采用互感器+工控机数据采集方式, 主要面对运行用户, 一方面系统架构费用昂贵, 一方面在开发过程中并没有考虑到多用户共享数据以及将来不同 SCADA 系统合并的问题, 这很可能使得信息一体化失败。

文献[1]提出了基于 PQDIF 格式压缩的电能质量数据模型。文献[2]提出了采用 XML 来实现异构数据平台数据交换的数据模型。文献[3]提出了基于 IEC61850 电能质量监测装置的建模与实现。文献[4]

提出了基于J2EE的电力系统SCADA系统的构建。这些研究，或者只考虑了数据交换模型，或者只考虑到传输方式、功能结构、数据采集方式等方面因素，并没有一个针对电能质量指标特点的系统的分析和规划。本文在参考IEC61850、IEC61970、IEEE 1159.3<sup>[5-8]</sup>等标准后，结合电能质量监测的实际需要，对电能质量数据、系统结构等进行重新规划设计，采用智能终端+PC机采样结构，提出基于J2EE平台实现一个多层次、分布式的SCADA系统的应用框架。该应用框架既兼容标准的Web浏览器，又提供专用的应用程序客户端，同时还支持基于Web服务的信息集成，并提供统一的安全策略。一方面可以实现对电能质量各项指标的在线监测，另一方面实现了全系统数据的统一管理，实现了在一套SCADA系统内对不同设备进行监控，最大限度地实现了多系统数据共享。

### 1 电能质量指标的测量

目前，我国已制定了五项电能质量指标，分别是：频率、电压波动和闪变、电压偏差、三相不平衡和谐波<sup>[9-14]</sup>。本文以此五项指标并采用IEEE推荐的电压暂降<sup>[15]</sup>分类来作为评价电压质量的依据；以电流谐波、电流畸变率、谐波电度和线损信息作为评价电流质量的依据。

将用户分为两大类，分别是变电站用户和电力用户。变电站用户的监测点分为馈线点和母线点，母线点评价电压质量，馈线点评价电流质量。电力用户的监测点分为带中性点和不带中性点。在不同性质的监测点安装监测指标不一样的终端。

下面以高力特HDPAS系列产品来说明终端的安装和对应监测的指标体系。通过监测终端HDPAS 331T在母线侧采集电压类指标信号，包括2~25次电压谐波、电压畸变率、电压不平衡度、电压波动、电压闪变、电压暂变等；通过监测终端HDPAS 331F在需要监测的馈线侧采集电流类指标信号，包括2~25次电流谐波、电流畸变率、各次谐波电度和线

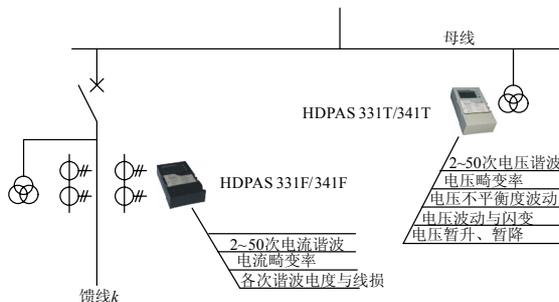


图1 变电站用户监测终端安装位置图

Fig.1 Monitoring terminal substation installation locations

损信息，如图1所示。通过安装HDPAS 331/341或者HDPAS 331/341N在进线端采集电流、电压类指标信号，包括2~25次电流谐波、电流畸变率、峰谷谐波电度、线损信息、电压不平衡度和掉电时间等，如图2所示。

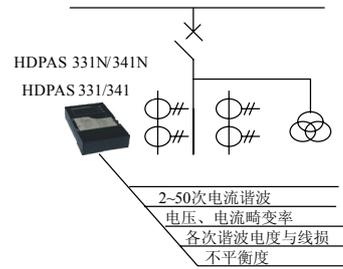


图2 电力用户监测终端安装位置图

Fig.2 Power users monitoring terminal installation locations

### 2 系统架构

系统采用分布式结构设计，应用框架横向包括客户层、Web层、事务层和数据库管理层；纵向包括了省级电能质量监测管理中心系统、地区电能质量综合分析管理系统以及分布到各个监测点的电能质量监测装置三部分，如图3所示。

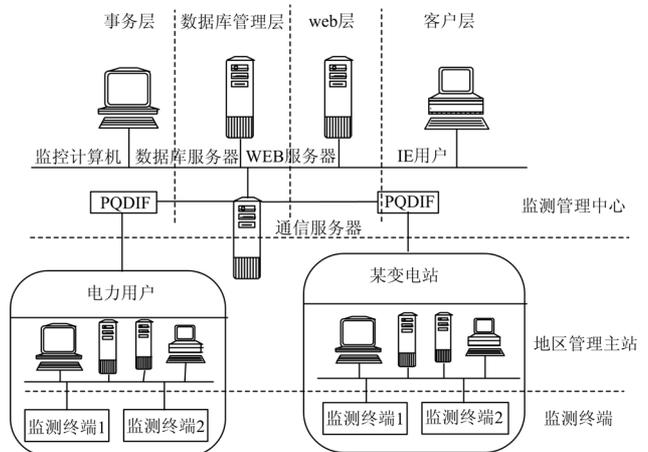


图3 系统结构图

Fig.3 System structure

地区管理主站与监测点之间通过局域网络或者拨号网络进行数据通讯。监测终端根据国标采样运算，通过自动上传或者自动召测，将对应指标传送到数据库服务器。Internet用户均无需专用软件，而是通过标准的浏览器就可以获取系统的实时或历史数据、制定或访问维护检修计划、浏览系统的配置信息、或者是追踪系统错误日志。

根据监控中心网络图和功能说明，将控制中心软件分为五部分：前置机软件PComm、局域网通信

软件Net、服务器软件Server、图形绘制软件Draw、报表软件Report。前置机软件PComm接收终端传来的数据,按照规约解包,转换成PQDIF数据格式,并保存在PQ View数据库。图形绘制软件Draw绘制的图形供服务器Server和报表软件Report显示用,实时的数据显示在绘制的图形上。需要通信的计算机要运行网络通信软件Net,根据用户设置把数据(包括原始数据、图形、报表)传给通讯软件Net,由Net将数据发到网上。软件Server除处理信号外,还将必要的信息存到数据库中。

前台应用模块通过平台提供的标准API函数接口和SQL接口,访问通用平台实时和历史数据库,组成完整的SCADA系统,完成数据刷新、图形显示、人机互动等功能。其他SCADA系统的应用通过接口,也可以访问各类数据,实现本地功能。

### 3 子模块结构

#### 3.1 数据库模块

采用数据集中管理的存储方式,将所有数据集中存储在数据中心的数据服务器中,客户端需要使用数据时,先通过网络与数据中心连接,然后进入数据中心的数据库调用相关数据进行操作。

数据库采用静态数据库管理子系统和实时数据库管理子系统相结合的设计方案。静态数据库管理子系统,封装了对Oracle、Sybase、SQL-Server等商用数据库的访问接口,存储各种设备参数,管理日志、电能质量指标数据的历史记录。实时数据库管理子系统,负责电能质量指标数据的实时信息维护,随采集数据源的变化主动刷新内存中的实时数据。

前台应用或其他系统的功能模块,向数据流管理模块申请所需数据,数据流管理模块支持对数据的单条检索、多条检索和节拍刷新。需显示某个变电站的监控画面,则采用节拍刷新的检索方式申请数据流。数据库管理模块通过服务端程序响应申请,在实时数据中进行检索,形成刷新模板,定时将结果返还,应用程序获得数据,显示不断变化的画面数据。

#### 3.2 通信模块

采用嵌入式Internet通讯处理技术、多线程机制,支持标准的TCP/IP协议,支持多种通信方式(光纤、Modem、串口、并口、GPRS),充分利用现有的通讯条件,通过局域网络或Internet等方式,实现远程管理主站之间数据通讯。系统可以同时与多

个变电站通讯进行数据采集;可以通过Web形式对整个系统进行配置和管理;采用结构化设计,能够方便地添加通讯规约和协议;具备通讯失败数据的自动重传、断点续传及日后补传功能。

#### 3.3 Web 服务模块

Web服务模块是基于Java平台来实现。Java平台采用多层分布式体系机构,分布式体系结构通常可分为三层:表示层、应用逻辑层和数据层。表示层用于和用户交互,提供用户界面和操作导航服务;应用逻辑层用于业务逻辑计算和处理,提供与业务逻辑有关的各种计算和约束;数据层用于数据的集成与存取,通过数据库管理系统来实现。分析软件主要由表示层和应用逻辑层组成。

#### 3.4 用户端分析模块

主站软件采用VB开发,以满足运行用户监控的实时性要求。它既可使用DLL(动态链接库)来实现I/O端口的输入输出功能,又可通过Mscomm控件(串行端口控件)或API(应用编程接口)函数实现串口通讯,能方便地实现图像显示和数据存储,还能够充分发挥VB数据库功能及生成用户界面快等优点。将人机界面视为OLE容器,可以嵌入OLE对象,或ActiveX控件。其他用户可以访问主机的Web服务器,查看系统情况,具有通用友好方便的特点。

采用多画面形式显示运行监测状态,运行状态图、参数图、电能数据分析等事件窗口具有事件过滤功能。系统提供多种方式进行查询监测数据的曲线、棒图、饼图及报表。一般实时数据和历史数据分别在不同的趋势图中显示。

提供高级数据分析及辅助治理方案分析功能,包括重点负荷分类统计、分析、管理;重点负荷电气化铁路等对系统电能质量的影响分析;谐波对电能计量精度的影响;谐波治理方案的辅助分析。

### 4 静态和动态模型

下面,根据系统的特点和PQDIF的物理、逻辑结构,以母线点采集的电力谐波数据与用户软件进行信息交换过程为例,使用面向对象方法,说明数据模型的描述,形成公共信息模型,并采用信息交互图来描述数据的交换。

#### 4.1 静态模型

模型包括线路、监测终端和数据对象,对象数据成员、作用以及相互关系说明如表1~3所示。形成线路、监测IED,每一个对象对应一个逻辑节点<sup>[5]</sup>。

表1 监测终端TU对象成员列表

Tab.1 List of members of the monitoring terminal object

中文名称	英文名称	作用	
公共信息类 (PUBLIC)			
逻辑节点零	LLNO	描述逻辑设备的公共数据,如铭牌、设备运行状况信息等	
逻辑节点物理设备	LPHD	代表拥有逻辑节点的物理设备的公共数据,如物理设备的铭牌、设备运行状况、自检报告等。	
测量类(MEASUREMENT)			
电压互感器节点	TVTR	指出互感器接法以及变比	
数据类 (DATA)			
电压谐波	MVHA	记录电能质量指标相关数值	
电压频率	QFVR		
电压闪变	MFLK		
电压暂变	QVTR		
电压偏差	QVVR		
电压谐波	MVHA		
电压频率	QFVR		
电压三相不平衡度	QVUB		
功能类(FUNCTION)			
人机接口	IHMI		设置监测终端数据传输频率、监测线路等
报警处理	CALH	设备异常报警	

表2 电力谐波MVHA数据对象成员列表

Tab.2 Member list of the electric harmonic data object

中文名称	英文名称	作用
公共信息类 (PUBLIC)		
数据属性	DATT	属于电压还是电流指标, 传输属于稳态暂态还是波形
数据类 (DATA)		
2~25次电压谐波有效值	DVHV	计算、记录电能质量指标相关数值
2~25次电压谐波含有率	DVHC	
曲线类(GRAPH)		
电压谐波频谱图	GVHS	显示各次谐波的频谱曲线
电压谐波有效值曲线	CVHV	显示谐波电压有效值变化曲线

表3 线路对象成员列表

Tab.3 Member list of the line object

名称		作用
公共信息类 (PUBLIC)		
逻辑节点零	LLNO	描述线路等级、容量等参数
线路属性	LATT	指出是被测量线路性质
定值类		
电压限值	MULV	根据国标, 给出不同电压等级的指标限值
其他电压指标限值		
功能类		
存档	IARC	作长期历史数据存档和查阅, 为系统全局服务
人机接口	IHMI	设置电压电流等的限值信息
报警处理	CALH	产生成组报警和成组事件

设计的具体功能如下:

(1) 信号采集: 电子式电压、电流互感器采集变压器原副边电流信号, 传输给监测IED。电能质量的监测中, PT接法可以有 $Y_N \setminus Y_N$ 、 $V \setminus V$ 两种, CT接法可以有“二元件”、“三元件”两种, 应按照国家实际接法合并。

(2) 电能质量指标计算: 监测IED利用变压器副边电压、电流进行指标运算, 每个逻辑节点对应一个监测指标。根据PQDIF组织结构, 可以将电能质量数据分为以下三种类型: 波形式、稳态、暂态, 不同类型的数据, 通信方式和文件容量有所区别, 应根据这一要求进行分类。比如说电压质量监测IED包括电压谐波、电压闪变、电压波动、电压暂变、电压偏差、电压三相不平衡度六个节点。根据数据类型的划分, 合并为LN1-电压谐波, LN2-电压闪变、电压波动、电压偏差、电压三相不平衡度, LN3-电压暂变。

(3) 由数据服务器层查询和召唤监测终端中的记录, 读取和设置监测终端中的数据逻辑节点运行参数。暂态类信息自动报警上传。相关数据保存到实时数据库。

(4) 故障记录与事故报告: 线路IED判断是否越限, 当发生电压越限事件时, 线路将事件按时间顺序记录并保存下来, 保存到历史数据库, 并形成事故报告, 将报告传送给数据服务器层监控主机, 由其进行报警等处理。

#### 4.2 动态模型

根据静态模型的定义和功能描述, 设计动态模型, 描述逻辑节点之间的信息交互, 如图4所示。设计图中的带圈数字表示逻辑节点间信息流的启动顺

序。监控IED在逻辑上将逻辑节点分为4个区(图中用不带圈数字表示),即公共数据区1、暂态计量区2、稳态计量区3、波形计量区4。电压互感器以预设的采样率采样三相电压信号,启动QVUB、MFLK、QVVR、QFVR、MVHA、QVTR节点生成电压质量指标。其中MVHA实时传输,QVUB、MFLK、QVVR、QFVR用户设定时间间隔传输,QVTR事件触发传输。在数据服务器层,判断TV的接线方式和比例,进行数据转换,然后转换成PQD数据文件,保存在PQView实时数据库。电压质量指标与用户通过IHMI设置保存在数据服务器上的限值相比较,超限,则形成事件报告,保存在历史数据库。根据用户设定的时间,立即或稍后(经过缓存)传给监控层的CALH节点或其它IED。

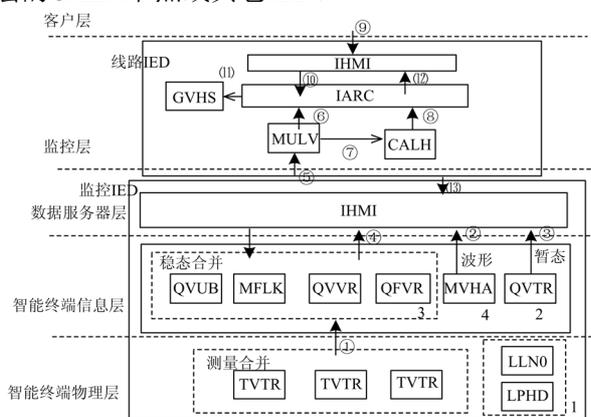


图4 交互原理图

Fig.4 Interaction diagram

## 5 结语

使用这一框架和模型设计的电能质量SCADA系统,能够很好地结合国标、IEEE和IEC标准在数据结构、模型结构、信息描述方面的要求,一方面跟目前市场的需要相符合,一方面建立了与已建SCADA系统的信息沟通渠道,适应目前电网建设的需要。通过SCADA系统的建设,实现电网中电能质量的完整监控,为输配电生产管理系统的各项应用提供了实时信息支持,从而优化、提升电网的技术应用和管理水平,为打造与现代化大都市相适应的国际一流的电网奠定良好的技术基础。

## 参考文献

- [1] 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. DING Yi-feng, CHENG Hao-zhong, ZHAN Yong, et al. A data compression model for power quality based on PQDIF format[J]. Relay, 2005, 33(7): 55-58.
- [2] 张涛.基于PQDIF的改进型电能质量数据交换模型及

其实现[D].成都:四川大学,2006.

ZHANG Tao. Advanced PQDIF power quality data exchange model and its implementation[D]. Chengdu: Si chuan University, 2006.

- [3] 徐鹤勇,和敬涵.基于IEC61850电能质量监测装置的建模与实现[J].继电器,2007,35(21). XU He-yong, HE Jing-han. Modeling and implementation of power quality monitoring device based on IEC 61850[J]. Relay, 2007, 35(21).
- [4] 陈奇志,王序,林建泉,等.基于J2EE平台的SCADA系统实现[J].电力系统及其自动化学报,2007,19(6):104-108. CHEN Qi-zhi, WANG Xu, LIN Jian-quan, et al. SCADA system based on J2EE platform[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2007, 19(6): 104-108.
- [5] IEC 61850 communication networks and systems in substations[S].
- [6] IEC 61970-301 EMS-API-Part 301: common information model (CIM) base[S].
- [7] IEC 61968 公用信息模型(CIM)[S].
- [8] IEEE std 1159.3-2003 IEEE recommended practice for the transfer of power quality data[S].
- [9] GB12325-2003 电能质量供电电压允许偏差[S]. GB12325-2003 power quality-admissible deviation of supply voltage[S]. 1990.
- [10] GB/T 15945-1995 电能质量电力系统频率允许偏差[S]. GB/T 15945-1995 quality of electric energy supply-permissible deviation of frequency of power system[S].
- [11] GB/T 14549-1993 电能质量公用电网谐波[S]. GB/T 14549-1993 quality of electric energy supply-harmonics in public supply network[S].
- [12] GB/T 15543-1995 电能质量三相电压允许不平衡度[S]. GB/T 15543-1995 quality of electric energy supply-admissible three-phase voltage unbalance factor[S].
- [13] GB12326-2000 电能质量电压波动和闪变[S]. GB 12326-2000 power quality-voltage fluctuation and flicker[S].
- [14] GB/T 18481-2001 电能质量暂时过电压和瞬态过电压[S]. GB/T 18481-2001 power quality-temporary and transient overvoltages[S].
- [15] IEEE std 1159-1995 recommended practice for monitoring electric power quality[S].

收稿日期:2009-07-23

作者简介:

梁梅(1981-),女,在读研究生,主要研究方向为电能质量监测与管理;E-mail:livi\_7799@hotmail.com

刘永强(1961-),男,教授,主要研究方向为电能质量监测与控制、嵌入式技术在电气系统中的应用、用于供电系统的成套电力电子装置;

袁明军(1985-),男,在读研究生,主要研究方向为能源与动力系统中电力电子及其控制的应用。