

# 基于实时预警的火电厂技术监督管理系统

钟世明<sup>1,4</sup>, 邵锐<sup>2</sup>, 张胜<sup>1,4</sup>, 钱闯<sup>3</sup>

( 1. 中国科学院测量与地球物理研究所, 湖北 武汉 430077; 2 武汉大学遥感信息工程学院, 湖北 武汉 430079;  
3 深圳市天道数字工程有限公司, 广东 深圳 518052; 4 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 针对目前火电厂技术监督管理信息较为分散, 不能及时了解设备运行状态的现状。设计整合所有技术监督信息的技术监督管理系统平台, 实现技术监督信息的实时处理与预警。详细介绍系统功能设计、实时数据库设计及系统特色。整个系统采用 B/S/D 结构, 应用 Java Applet, Java Servlet, COM+, 数据库触发器、数据挖掘等技术, 实现了技术监督工作的在线实时监督。

**关键词:** 火力发电厂; 技术监督; B/S/D; 数据挖掘

**中图分类号:** TM73      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2005)18-0061-06

## 0 引言

技术监督是发电企业保证设备健康、安全、经济运行和准确计量的重要手段。火电厂现有的 MIS、Q4 等信息管理系统, 都不同程度地包含了一些技术监督管理信息。但这些信息较为分散, 无法及时让技术监督负责人了解设备的安全运行状态。文献 [1] 设计了基于 B/S 模式的电力技术监督管理系统, 但是它仅仅实现九个监督专业的报表汇总与统一管理功能。本文的火电厂技术监督管理系统 TSMS (Technical Supervision Management System) 是一个集监督、管理、决策于一体的火电厂技术监督工作平台<sup>[2]</sup>。系统实现火电厂汽机、锅炉、热工、化学、环保、金属、电能、节能、继保、电测、绝缘十一项技术监督。改变以往火电厂技术监督工作的事后监督, 实现对全厂的主要设备实时参数、定期试验、定期化验以及常规项目的实时监督、实时预警。

文献 [2] 从总体上介绍火电厂技术监督管理系统的开发目标、系统结构及主要功能模块, 侧重于系统整体介绍。本文重点分析技术监督 Web 管理模块、实时数据库主要表项以及实时预警流程的设计与实现。

## 1 系统组成

TSMS 系统主要由以下三个部分组成: 技术监督 Web 管理系统、DCS 数据采集、技术监督实时数据库。系统的整体结构如图 1 所示。

### 1.1 技术监督 Web 管理系统

根据发电企业技术监督要求, 技术监督 Web 管理系统功能分为 18 大模块。

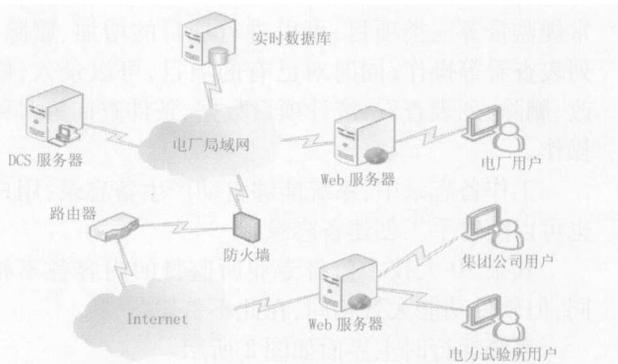


图 1 基于 B/S/D 结构的系统框架

Fig 1 System frame based on B/S/D

**系统管理模块:** 包括用户管理、权限管理、周期设定等功能。

**主状态模块:** 以电厂的工作模拟图为界面直观形象地表示 11 大专业的当前状态。

**报警总览模块:** 显示全厂所有监测参数的最近一次报警。

**统计分析模块:** 分类统计用户指定时间范围内参数异常次数、每次异常持续时间、每次异常中的最大异常值和最小异常值、总的异常持续时间等。并利用数据挖掘技术进行设备故障的诊断分析。

**组合查询模块:** 用户可按专业、项目、机组、重要等级、完成时间、责任人、名称、编号、关联项等不同的组合查找用户所需信息。

**我关心的监督模块:** 当用户在某段时间要密切关注某些参数 (如经常出现异常的参数), 可将这些参数设定为我关心的参数, 便于重点监督。

**系统帮助模块:** 一方面实现联机帮助, 另一方面实现在线技术服务。

锅炉监督模块:分为重要参数监督、档案资料管理、工作报表管理、我的监督项目、工作备忘录等五部分。

重要参数监督主要以图表的方式显示各参数的当前状态及相关信息。

档案资料管理主要收录相关的技术档案资料,以方便技术人员实时查对资料。

工作报表管理不仅可生成规则的专业报表(如:月报、异常报表、大小修检查项目表等),还可由用户自定义报表。

在我的监督项目中,可以设置实时参数的名称、上限值、下限值、额定值、变化速率上限值、单位、重要等级、是否上报等内容,还可根据实际情况增加或减少要监督的实时参数。对于定期试验、定期化验、常规监督等三类项目,可以进行项目的增加、删除、列表查看等操作;同时对已有的项目,可以录入、修改、删除、列表查看、统计项目数据、条件查询等多种操作。

工作备忘录中,系统能够自动产生备忘录,用户也可以随时手工创建备忘录。

其余 10大技术监督专业所监督的内容各不相同,但软件功能大致相同,在此不赘述。

系统运行时主界面如图 2所示。



图 2 系统主界面

Fig 2 System main interface

### 1.2 实时数据库<sup>[3]</sup>

实时数据库技术是数据库技术的一个较新分支。实时数据库用来支持对数据采集和处理要求时限性很强的应用。数据的处理要求在一定时间内完成。一般情况下,关系型数据库无法胜任实时数据的处理与管理要求。TSMS系统通过改进数据库设计思路、方法,使得传统的关系型数据库能够满足实时数据库的要求,同时还实现了实时数据库的实时

预警。TSMS系统的实时数据库利用关系数据库 SQL SERVER 2000来实现。综合系统数据的不同特点和用户的各项功能需求,采取不同的数据组织方式及数据实现方式。

TSMS系统中,技术监督信息数据来源多种,格式各异。既有 DCS(Distributed Control System)系统的二进制数据文件;又有各种以文档、图表、图片等格式存储的技术资料;还包括有试验、化验的综合报表等等。同时技术监督信息数据应用的要求也不相同。既要实时预警与查询,又要将历史数据进行统计分析、生成工作报表,更重要的是要能够及时发现异常数据,供技术监督负责人进行科学的分析决策。

#### 1.2.1 与实时参数有关的数据表设计

实时参数数据来源于 DCS系统。TSMS中的数据采集系统从 DCS数据包中解析数据后,生成 TSMS所需的数据格式,然后保存到相应的实时参数实时表及实时参数历史表中,供数据查询、统计分析、数据挖掘<sup>[4]</sup>之用。由于这些实时参数数据是带时间标记的,为便于数据维护和应用程序编程的方便,在实时数据库中,参数历史数据按月份存储,当新的月份到来时,数据采集系统能自动生成新月份的历史表,并将实时参数数据按要求存储到该表中。对于实时参数实时表,系统设计 AFTER 触发器,用来响应实时参数实时表中数据的 Update事件,执行相应的预警处理。预警结果保存在实时参数异常表中。

与实时参数数据相关的数据表主要有:实时参数结构表;实时参数静态表;实时参数实时表;实时参数历史表;实时参数异常表等。

实时参数结构表用于记录不同实时参数对应的表名,为接口程序动态建立实时参数实时表提供索引。实时参数静态表中保存一些内容变化或修改周期较长的数据。

实时参数实时表是用来存放实时参数的实时值。它按不同专业不同机组实行分类。如表 SS\_101,它表示汽机专业 #1 机组的实时参数实时表。实时参数历史表也是按不同专业、不同机组实行分类。如 LS\_101\_200404,该表表示汽机专业 #1 机组 2004年 4月份的实时参数历史表。实时参数实时表与实时参数历史表中的字段数都是由所需要监测的实时参数的个数来决定。

实时参数异常表用来记录每一个实时参数的异常信息。系统任何参数值的每一次报警都会在此表中生成一条记录。表 1为实时参数异常表部分字段

设计。

表 1 实时参数异常表

字段名	类型	长度	字段说明
Specialty	varchar	12	专业
Parameter_no	varchar	10	参数编号
Unnormal_Starttime	datetime	8	异常起始时间
Unnormal_Endtime	datetime	8	异常结束时间
MaxError	float	8	最大异常值
MinError	float	8	最小异常值

### 1.2.2 定期试验、定期化验及常规项目有关的数据表设计

在实时数据库中,定期试验、定期化验与常规项目的数据表设计均采用相同的方法。下面以定期试验为例,详细介绍定期试验数据在实时数据库中设计思路。

定期试验数据一般是试验单位做完相关试验后,以试验报告的形式发给技术监督负责人,有的试验有具体的试验和分析数据,有的只有结论性的意见。而技术监督负责人关心的是指定的试验是否按时完成,已按时完成的试验结果是否合格,并以此作为依据判断设备的运行状况,制定相应的措施。同时,技术监督负责人希望可以灵活地增减试验项目,对不同的试验能够方便地设定关注程度,增强系统的扩展性和灵活性。对未按时完成的试验或虽然已按时完成但结果不合格的试验进行警报,并要求保存这些信息。为此,对于定期试验数据,设计了定期试验项目表、定期试验数据表、定期试验异常表三个数据表。

定期试验项目表用来存储描述试验项目的相关信息。包括定期试验项目编号、定期试验项目名称、专业、机组号、项目内容、项目创建人、项目创建时间、项目确认人、周期等 37 个字段。

定期试验数据表是存储各试验项目对应的带有时间标志的试验数据。定期试验数据表中还保存试验数据从录入到审批确认的过程,以确保试验数据的完整性、准确性和一致性。定期试验数据表共有 27 个字段。表 2 为定期试验数据表部分字段设计。

定期试验异常表是记录异常的试验数据,不仅便于对异常数据实时预警,同时便于技术监督负责人对异常信息的查询、分析。定期试验异常表包括定期试验编号、定期试验名称、专业、机组号异常描述等 10 个字段。

表 2 定期试验数据表

Tab 2 Fix-time trial data table

字段名	类型	长度	字段说明
Testdata_no	varchar	15	定期试验编号
Testdata_Name	varchar	12	定期试验名称
Kind_No	varchar	10	定期试验项目编号
C1	varchar	50	试验数据 1
...	...	...	...
C20	varchar	50	试验数据 20

### 1.2.3 实时参数历史数据压缩存储

在实时数据库中,数据量最大、增长最快的是从 DCS 中取得的实时参数数据。目前,TSMS 需要监督三台机组,每台机组的技术监督实时参数共有 1 182 个。以数据采样率为 1 min 来计算,则每个月就有 1.5 亿多条数据。如何合理、有效存储这些数据是实时数据库设计的难点之一。为减少数据存储量,节省存储空间、提高检索数据的速度。在满足用户需求、真实准确反映参数实际状况的原则下,系统采取以下策略进行数据压缩。

根据参数的重要程度和用户的关注程度将参数划分为很重要、重要和次重要三个等级,参数的等级可以由用户灵活设置。对很重要参数提高数据采集频率,尽量保持较多的数据量,而对重要和次重要参数相应降低数据采集频率,以减少网络通信量和数据存储量。

根据数据变化的特性将参数划分为易变型、稳定型两类。易变型参数是指在短时间内变化值非常大、变化速度非常快的参数,如:推力轴承后推力盘温度、锅炉侧主蒸汽温等;稳定型参数是指在正常情况下其实际值比较稳定,基本保持不变的参数,如:轴承轴振、轴向位移等。对易变型参数采取一分钟存一次值。而对稳定型参数采取一天存储一次值,甚至一个月存储一次值,这样就大大地降低存数据量。在发现稳定型参数值有较大变化,即出现异常时,则恢复到每分钟甚至更短时间存储一次值,这样便于对参数异常时进行深入地分析。

各参数的重要等级及数据的变化类型均由技术监督负责人灵活设定。

经测试表明,通过这种策略处理的数据量可压缩到原来的 57.3%。

### 1.3 DCS 数据采集

DCS 数据采集程序安装在机组 DCS 服务站上,直接读取 DCS 二进制数据包,获取实时参数数据。在数据的采集过程中,数据采集程序通过对 DCS 数据包进行解析,利用标签号进行匹配,采集指定标签

号的DCS实时参数数据,并把这些数据存储到系统实时、历史数据库中。

## 2 系统特点

### 2.1 实时预警

#### 2.1.1 利用触发器实现系统实时预警

数据库触发器是一个特殊的存储过程,响应插入、更新或删除等数据库事件而执行的过程。它定义了一些数据库相关事件发生时应采取的动作,可用于管理复杂的完整性约束,或监控对表的修改,或通知其它程序,表已发生修改。在实时数据库中,对每个实时参数实时表都设计相应的AFTER触发器,用来响应实时参数实时表中数据的Update事件,执行相应的预警处理。下面为对应实时参数实时表SS\_104的AFTER触发器部分源代码。

```
CREATE TRIGGER [ tri_104 ] ON [ dbo ]. [ SS_104 ]
FOR update
AS
DECLARE @ tname sysname DECLARE @ month char(2)
DECLARE @ SQL NVARCHAR (200)
DECLARE @ cdbh varchar(15) DECLARE @ a float
DECLARE @ b float DECLARE @ c float
DECLARE @ k varchar(1) DECLARE @ t datetime
DECLARE @ jt varchar(2)
DECLARE authors_cursor CURSOR FOR
SELECT cdbh FROM JG_104
OPEN authors_cursor
FETCH NEXT FROM authors_cursor INTO @ cdbh
WHILE @@FETCH_STATUS = 0
BEGIN
if @ cdbh = P30041042'
begin select @ t = times, @ a = P30041042 from inserted
end
if @ cdbh = P30041091'
begin select @ t = times, @ a = P30041091 from inserted
end
...
...
...
END
```

实时数据库利用触发器技术和存储过程技术<sup>[5]</sup>将参数的异常信息单独存储,以异常报表的形式呈报给技术负责人。参数异常报表所含的信息非常丰富,包括在选定时间范围内此参数出现异常的次数、每次异常持续时间、每次异常中的最大异常值和最小异常值、总的异常持续时间等信息,为技术监

督负责人决策提供科学的依据,并在此基础上建立数据仓库,为OLAP数据挖掘和关联规则数据挖掘提供基础数据。

实时参数数据存储到实时参数实时表中时,实时参数实时表的相应触发器为每个实时参数数据均设置数据异常预警条件,实时参数数据满足异常预警条件时,实时数据库会执行数据异常预警操作,在实时参数异常表中添加相应的预警记录,从而实现实时数据库实时预警功能。TSMS同时还利用预先设定的E-MAIL地址,以邮件形式将参数异常预警通知相应的技术监督负责人。TSMS智能预警为电厂设备故障的及时发现与处理提供保障,实现电厂设备的实时在线监测。

#### 2.1.2 系统实时预警流程

TSMS系统监控对象是实时参数、定期试验、定期化验、常规项目等四类技术监督信息,能够对实时参数、定期试验、定期化验、常规项目进行实时异常预警。

##### 1) 实时参数实时预警流程

实时参数数据来源有DCS系统,数据数量大,实时性强,是技术监督的重点和难点。系统对每个实时参数都设置了相应的上限值、下限值,实时参数数据的每一次存储,都由预先设定的触发器对其进行限值判定,如果数据超限,系统立即记录异常数据,并触发预警信息,进行实时预警。其实时预警流程如图3所示。

##### 2) 定期试验、定期化验、常规项目实时预警流程

系统对定期试验、定期化验的监督主要在于以下两个方面:定期试验、定期化验是否按时完成;

已按时完成的定期试验、定期化验,其结果是否合格。对于以上两方面的技术监督工作,系统设计对应的两类实时预警:结果预警与超时预警。其实时预警流程如图4所示。

系统对于常规项目的管理涉及到设备的各类检修、重大缺陷的跟踪、大小修项目列表与安排、日常事务的记录与跟踪等等,其实时预警流程与定期试验、定期化验的实时预警流程类似。

## 2.2 在线数据图形分析

对于任意参数,系统不仅能在线全面统计分析任意时间段内参数的异常次数、每次异常持续时间、每次异常中的最大异常值和最小异常值、总的异常持续时间等,而且可用直观的折线图进行数据分析,可以同时多个机组进行折线图对比分析。对于折

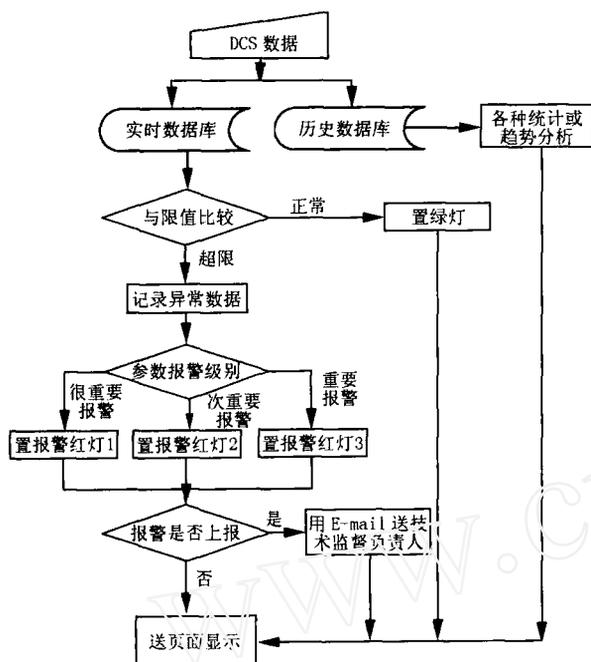


图 3 实时参数实时预警流程

Fig 3 Early warning flow of real-time parameter

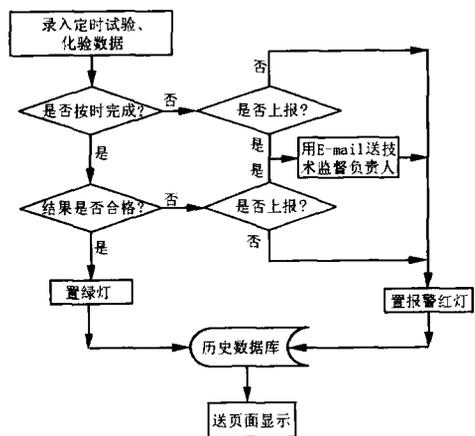


图 4 定期试验、定期化验预警流程图

Fig 4 Early warning flow of the fix-time experiment and trial-data experiment

线图,系统采用 Java Applet Java Servlet技术,结合 ASP和 COM +技术<sup>[6]</sup>,生成用户所关心的某参数折线图。系统实现三种类型的折线图: 1) 一定时间间隔内参数数据的最大值折线图; 2) 一定时间间隔内参数数据的最小值折线图; 3) 一定时间间隔内参数数据的平均值折线图。

图 5 显示的是二号机组空预器进口烟温的折线趋势分析图,图中参数数据取值间隔为每 5 min,数值为该参数每 5 min的平均值。

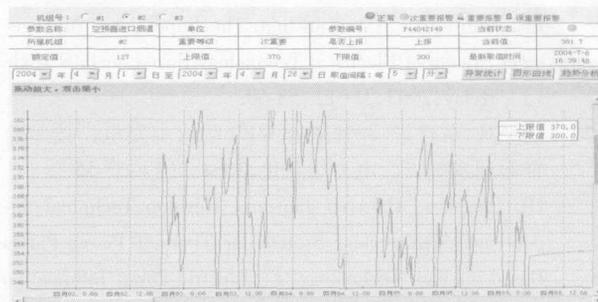


图 5 参数数据的折线趋势分析图

Fig 5 Tendency analysis of the parameter data

### 2.3 系统设置灵活,易于扩充

系统的灵活性和扩充性主要表现在以下几个方面:

对实时参数,根据用户需要可随时增减;对每一个实时参数,对其限值、重要级别、是否上报等关键数据可根据设备的实际健康状况和运行状况科学地调整。

对定期试验、定期化验、常规项目,根据用户需要可随时增减;各类试验、化验、常规项目的重要等级、名称、专业、机组号、周期、关联项、是否上报、各指标名称等都可进行灵活的修改。

可生成规范的月报,用户可自定义生成个性化的报表,同时还可与 WORD文档和 EXCEL表格进行无缝链接。

引入“用户定制”功能,当用户在某段时间要密切关注某些参数(如:经常出现异常的参数、重点关注的参数等)时,可将这些参数设定为“我关心的监督项目”,便于重点监督。这样既可突出重点,又可根据具体情况灵活设定,给用户提供了极大的便利。

系统不仅可以用于电厂内部局域网,只要有相应的权限,任何可接入 INTERNET的端口都可以访问该系统,并可进行远程交互操作。

### 3 结束语

火电厂技术监督管理系统 TSMs实现技术监督工作的在线实时监督、实时预警。减轻技术负责人的工作负担,提高工作效率,增强设备事故的预警功能和判别决策能力,使技术监督管理工作更加系统化和规范化。

### 参考文献:

[1] 刘敦敏,孙云莲. 基于 B/S模式的电力技术监督管理系统[J]. 继电器, 2003, 31(1): 58-60.

- LU Dun-min, SUN Yun-lian The Supervisory Management System of Electrical Technology Based on B/SMODE [J]. Relay, 2003, 31(1): 58-60
- [2] 胡平凡, 黄建华. 开发基于 WEB 的火力发电厂技术监督管理系统 [J]. 电力信息化, 2004, 2(4): 52-55.  
HU Ping-fan, HUANG Jian-hua Develop Technical Supervision Management System for Thermal Power Plants Based on Web Technology [J]. Electric Power Information Technology, 2004, 2(4): 52-55.
- [3] 王天华, 杨威, 李勇, 等. 配电自动化系统中对象关系实时数据库的开发 [J]. 电力系统自动化, 2003, 27(12): 63-66  
WANG Tian-hua, YANG Wei, LI Yong, et al Development of an Object-relation Real-time Database for the Distribution Automation System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(12): 63-66.
- [4] 史忠植. 知识发现 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.  
SHI Zhong-zhi Knowledge Discovery on Database [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.
- [5] 李代平, 张文. SQL Server 2000 数据库应用基础教程 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001.  
LI Dai-ping, ZHANG Wen SQL Server 2000 Database Application Foundation Study Course [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2001.
- [6] Powers S. Developing ASP Components, Second Edition [M]. O'Reilly & Associates, Inc

收稿日期: 2004-12-23; 修回日期: 2005-05-02

作者简介:

钟世明 (1973 - ), 男, 博士, 研究方向为电力信息化、WEBGIS、LBS应用; Email: smzhong@asch.whigg.ac.cn  
邵锐 (1977 - ), 女, 硕士, 研究方向为图像处理、WEB-GIS;

张胜 (1969 - ), 男, 博士, 研究方向为电力信息化、人工智能、决策支持。

### Technical supervision management system based on real-time early warning

ZHONG Shiming<sup>1,4</sup>, SHAO Ru<sup>2</sup>, ZHANG Sheng<sup>1,4</sup>, QIAN Chuang<sup>3</sup>

(1. Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China; 2. School of Remote Sensing Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 3. Shenzhen Tempo Digit Engineering Co., Ltd, Shenzhen 518052, China; 4. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The existed information of the technical supervision management is separate and isolated in thermal power plant, and it cannot make the technical supervisor know the running state of the equipments in time. So it is necessary to build a management system platform that can integrate all technical supervision information. And this platform can process the information in real-time and early warning. The function design, real-time database and system characteristics are detailed in the technical supervision management system, which has been developed the B/S/D-based system. The techniques such as Java Applet, Java Servlet, COM+, Database trigger, data mining are applied. And technical supervision online is realized with the technical supervision works.

**Key words:** thermal power plant; technical supervision; B/S/D; data mining

(上接第 52 页 continued from page 52)

### Quasi-synchronous harmonic analysis system based on DSP

HAN Jian-chao<sup>1</sup>, YANG Bei-ge<sup>2</sup>, LI Fu-ying<sup>1</sup>

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Datong Power Supply Filiale, Datong 037008, China)

**Abstract:** This paper introduces a system of harmonic analysis, which applies quasi-synchronous sampling arithmetic and DSP. Two processors is used in the system. The main processor (MCU) is for man-machine interface and the bootloader of DSP. The coprocessor (DSP) achieves data processing. By defining float data on fixed-point DSP, accuracy is improved. And with application of quasi-synchronous sampling arithmetic, high precision harmonic analysis is realized when there would be a non-synchronization between the sampling period and the signal period. The system has been applied in optoelectronic high-voltage measurement set. The accuracy of fundamental wave and harmonic wave (3rd-11th) is better than 0.1% and 2%. The system has practical value and expansibility.

**Key words:** harmonic analysis; quasi-synchronous sampling arithmetic; DSP; float point