

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 31/00 (2006.01)

G01R 13/00 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910086510.4

[43] 公开日 2009年11月4日

[11] 公开号 CN 101571563A

[22] 申请日 2009.6.4

[21] 申请号 200910086510.4

[71] 申请人 东方博沃(北京)科技有限公司

地址 100085 北京市海淀区上地东路1号盈
创动力A座209

[72] 发明人 李 奕 李兰芳 王建光 秦 玲

[74] 专利代理机构 北京元中知识产权代理有限责
任公司

代理人 王明霞

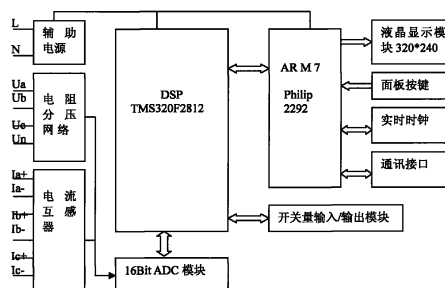
权利要求书1页 说明书16页 附图1页

[54] 发明名称

综合电能质量监控终端

[57] 摘要

本发明公开了一种综合电能质量监控终端，所述综合电能质量监控终端包括硬件部分、监控传感器电路、软件判定部分，所述硬件部分的设计为所述监控传感器电路将检测信号发送到A/D模数转换模块，所述A/D模数转换模块将处理后信息发送到处理器，所述处理器将信息反馈到显示模块并接收来自控制模块的指令，所述处理器还配有实时时钟模块以及外设通讯接口，所述信息处理标准可通过与中央处理器直接连接的开关量输入/输出模块直接进行设置。



- 1、一种综合电能质量监控终端，所述综合电能质量监控终端包括硬件部分、监控传感器电路、软件判定部分，其特征在于：所述硬件部分的设计为所述监控传感器电路将检测信号发送到 A/D 模数转换模块，所述 A/D 模数转换模块将处理后信息发送到处理器，所述处理器将信息反馈到显示模块并接收来自控制模块的指令，所述处理器还配有实时时钟模块以及外设通讯接口，所述信息处理标准可通过与中央处理器直接连接的开关量输入/输出模块直接进行设置。
- 2、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述中央处理器采用 DPS+ARM7 的双处理器架构，所述主处理器采用 TMS320F2812 芯片，辅处理器采用 Philip2292 芯片，系统外围采用大规模可编程器件 CPLD。
- 3、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述处理器具有冗余的、独立的双工业以太网，通讯速率 10/100Mbps 自适应，还配置有 RS232C、RS485 通讯接口，能实时储存处理信息。
- 4、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述显示模块以图形方式显示电能质量数据，并设置有信号警告灯面板，所述人机操作接口与键盘输入终端连接。
- 5、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述监控传感器电路包括辅助电源、电阻分压网络、电流互感器，所述辅助电源与综合电能质量监控终端直接连接，所述电阻分压网络与电流互感器与 A/D 模数转换模块连接。
- 6、根据权利要求 5 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述电阻分压网设置有 3 条电压测量线路。
- 7、根据权利要求 5 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述电流互感器设置有 3 条电流测量回路。
- 8、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述软件判定部分采用嵌入式实时操作系统 UC/OS II 作为软件平台。
- 9、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述综合电能质量监控终端还采用了频率自动跟踪技术。
- 10、根据权利要求 1 所述的一种综合电能质量监控终端，其特征在于：所述综合电能质量监控终端还采用外部 GPS 同步对时技术。

综合电能质量监控终端

技术领域

本发明公开了一种新型综合电能质量监控终端，特别是一种基于虚拟仪器的电网谐波在线监测系统，属电网监测治理技术领域。

背景技术

电网污染主要是指无功污染、高次谐波、瞬流、浪涌、高频噪声等。这些分量直接对用户设备产生危害。安全、优质是对电力系统运行的最基本的要求，电力系统在保证持续而可靠供电的基础上，必须保证合格的电能质量。但近年来，随着社会的发展，随着电力电子设备在工业中的广泛应用，各种先进仪器设备的大量使用，由于大量非线性负荷的加入，使得电网波形发生畸变，产生了谐波；当电网中所含的谐波分量达到一定程度时，就会引起谐波污染，谐波的污染日趋严重，对电力设备带来严重危害，影响电力系统的正常运行，因此，对电网谐波进行治理已经受到高度重视，而谐波的精确检测是电网谐波治理过程的一个关键环节。

电能质量检测分为非在线检测和在线检测两种方式，但前者存在明显的局限性，如：实时性不强、检测指标少、缺乏决策判断的依据、工作量大、效率低等。目前，国内外都开始试行在线检测方式。我国的电能质量在线检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，通信方式有基于 MODEM 的，有基于以太网的等等，但存在着明显的问题：第一，各监测仪器之间的数据不能相互交换，无法实现数据共享；第二，不同测点考察的电能质量指标不同，而且指标也在不断增加，小范围的数据中心灵活性不够，数据维护困难；第三，目前数据的分析仍停留在汇总、统计上，没有更进一步的专家分析系统。

从不同角度看，关注或表征电能质量问题会有不同的观点。从供电角度看，电能质量是指供应电力的参数符合标准和供电可靠性的程度；从用电设备生产商的角度看，电能质量是指对设备所要求的电能特性；从用户角度看，电能质量是指一切会引起用电设备异常运行、故障或停电的供电电压、电流及频率的异常扰动。

电能质量用于表征电能品质的优劣程度。电能质量包括电压质量与频率质量两部分。其中，电压质量又分为幅值与波形质量两方面，通常以电压偏差、电压波动与

闪变、负序电压系数(三相电压不平衡度)等指标来衡量电压幅值,以电压正弦波畸变率来衡量波形质量。频率质量则以频率偏差来衡量。

电压质量扰动可分为稳态与暂态二类。稳态扰动包括电压偏差、三相不平衡、闪变以及谐波问题;暂态扰动包括暂态过电压、电压骤降、电压骤升以及供电瞬时中断问题。从发生的频度以及对用电设备的危害程度来看,现代电能质量问题主要是电压骤降、谐波、电压不平衡以及闪变。

电能质量监测分为非在线监测和在线监测两种方式,非在线监测采用便携式测试仪,不定期对所关注的某些点进行测试,这种方式投资小、较灵活,但存在明显的局限性,如:实时性不强、监测指标少、缺乏决策判断的依据、工作量大、效率低等。

当人们认识到了这一点后,国内外都开始试行在线监测方式,当然,由于计算机网络技术的发展,也使在线监测技术的实现成为可能。

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,有基于以太网的等等,这类方式也存在着明显的问题: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,不同测点考察的电能质量指标不同,而且指标也在不断增加,那些小范围的数据中心灵活性不够,数据维护困难,第三,目前数据的分析仍停留在汇总、统计上,没有更进一步的专家分析系统。

在1993年至1995年间,美国电力研究院EPRI(The Electric Power Research Institute)针对全美24种不同供电企业的277个监测点进行了数据收集和统计分析,研究系统性能如何监测、特殊的电能质量问题如何监测、为提高供电的服务质量如何监测等等,这个研究成果成为美国开展电能质量监测的指导方针。随后,EPRI又针对不同的数据采集源研究制定电能质量数据交换格式PQDIF(POWER QUALITY DATA INTERCHANGE FOMAT),该格式被IEEE采纳并将其作为标准来制定,目前,某些制造厂家已采用了这种PQDIF标准格式。

相比较而言,国外的监测设备以及电能质量管理技术要领先于国内。

本发明提供一种新型综合电能质量监控终端。这种新型综合电能质量监控终端,将谐波检测、分析、及故障录波集成于一体,实现一台微机监测多条线路的谐波并进行故障录波,具有价廉,实用的特点。

发明内容:

本发明的发明目的为提供一种能对电网的多项电能数据进行实时监控，同步协调的大型综合监控处理终端。一种集测量、控制、监控、保护和通讯等多功能为一体的成熟产品。

本发明是通过如下技术方案实现的：

一种综合电能质量监控终端，所述综合电能质量监控终端包括硬件部分、监控传感器电路、软件判定部分，所述硬件部分的设计为所述监控传感器电路将检测信号发送到 A/D 数模转换模块，所述 A/D 数模转换模块将处理后信息发送到处理器，所述处理器将信息反馈到显示模块并接收来自控制模块的指令，所述处理器还配有实时时钟模块以及外设通讯接口，所述信息处理标准可通过与中央处理器直接连接的开关量输入/输出模块直接进行设置。

所述中央处理器采用 DPS+ARM7 的双处理器架构，所述主处理器采用 TMS320F2812 芯片，辅处理器采用 Philip2292 芯片，系统外围采用大规模可编程器件 CPLD。

所述处理器具有冗余的、独立的双工业以太网，通讯速率大于 100Mbps，还配置有 RS232C、RS485 通讯接口，能实时储存处理信息。

所述显示模块以图形方式显示电能质量数据，并设置有信号警告灯面板，所述人机操作接口与键盘输入终端连接。

所述监控传感器电路包括辅助电源、电阻分压网络、电流互感器，所述辅助电源与综合电能质量监控终端直接连接，所述电阻分压网络与电流互感器与 A/D 模数转换模块连接。

所述电阻分压网设置有 3 条电压测量线路。

所述电流互感器设置有 3 条电流测量回路。

所述软件判定部分采用嵌入式实时操作系统 UC/OS II 作为软件平台。

所述综合电能质量监控终端还采用了频率自动跟踪。

所述综合电能质量监控终端还采用外部 GPS 同步采样技术。

本发明的发明优点为：

该系列装置是我公司在研究总结国内外电能质量监测装置特点的基础上设计开发的新产品，装置主要硬件基于我公司自主研发、的新一代嵌入式硬件平台，该平台具有如下特点：

- 1) 采用 PHILIP 公司 32 位高性能 ARM7 微处理器和 TI 公司 32 位 DSP 为核心，具有极强的数据处理能力和逻辑、控制能力，核心硬件处于国内先进水平；

- 2) 采用国际先进的嵌入式实时操作系统UC/OS II作为软件平台，全部软件采用高级语言编程，保证了系统的高可靠性和高移植性；
- 3) 数据采集部分采用6通道、同步采样的16位高速A/D转换器，采集精度高，实测精度达到或超过电能质量监测指标国家标准的要求；
- 4) 采用了大规模可编程器件CPLD，减少了大量外围电路，提高了系统的可靠性，同时增强了系统的灵活性；
- 5) 大容量的存储空间，满足电能质量监测装置对数据存储的要求，可保存90天以上的实时数据掉电不丢失；
- 6) 采用了频率自动跟踪技术，防止了在电力系统频率变化时对监测指标的影响，防止了频率“泄漏”；
- 7) 采用了外部GPS同步采样技术，保证了同一变电站内或不同变电站内监测装置的同步采样，可以涉及诸如谐波源探测等分散式的应用；
- 8) 强大的通讯接口，装置配置了冗余的、独立的双工业以太网，通讯速率高达100Mbps，还配置有RS232C、RS485通讯接口，可选择多种通讯方式与远方管理中心交互数据；
- 9) 核心硬件采用八层印刷电路板（PCB）工艺和SMT工艺，硬件可靠性和电磁兼容能力达到国内先进水平，尤其是抗快速瞬变干扰达到了IEC61000-4-4:1995标准IV级的水平，超过了国标对电能质量监测装置的EMC的要求。

在监测功能方面，装置除具有常规的电能质量稳态指标的监测外，还对电能质量的暂态扰动，主要是电压的骤升、骤降进行监测和记录，具有较强的实用性。主要有以下功能：

- 1) 基本测量量：电网频率；电压、电流有效值；总的有功、无功功率、功率因数。
- 2) 基本监测指标：
 - ★ 三相基波电压、电流有效值，基波功率、功率因数、相位等；
 - ★ 电压偏差；
 - ★ 频率偏差；

附图说明：

图1为硬件设计原理图；

具体实施例

该系列装置是我公司在研究总结国内外电能质量监测装置特点的基础上设计开

发的新产品，装置主要硬件基于我公司自主研发的新一代嵌入式硬件平台，该平台具有如下特点：

采用PHILIP公司32位高性能ARM7微处理器和TI公司32位DSP为核心，具有极强的数据处理能力和逻辑、控制能力，核心硬件处于国内先进水平；

采用国际先进的嵌入式实时操作系统UC/OS II作为软件平台，全部软件采用高级语言编程，保证了系统的高可靠性和高移植性；

数据采集部分采用6通道、同步采样的16位高速A/D转换器，采集精度高，实测精度达到或超过电能质量监测指标国家标准的要求；

采用了大规模可编程器件CPLD，减少了大量外围电路，提高了系统的可靠性，同时增强了系统的灵活性；

大容量的存储空间，满足电能质量监测装置对数据存储的要求，可保存90天以上的实时数据掉电不丢失；

采用了频率自动跟踪技术，防止了在电力系统频率变化时对监测指标的影响，防止了频率“泄漏”；

采用了外部GPS同步采样技术，保证了同一变电站内或不同变电站内监测装置的同步采样，可以涉及诸如谐波源探测等分散式的应用；

强大的通讯接口，装置配置了冗余的、独立的双工业以太网，通讯速率高达100Mbps，还配置有RS232C、RS485通讯接口，可选择多种通讯方式与远方管理中心交互数据；

核心硬件采用八层印刷电路板（PCB）工艺和SMT工艺，硬件可靠性和电磁兼容能力达到国内先进水平，尤其是抗快速瞬变干扰达到了IEC61000—4—4：1995标准IV级的水平，超过了国标对电能质量监测装置的EMC的要求。

在监测功能方面，装置除具有常规的电能质量稳态指标的监测外，还对电能质量的暂态扰动，主要是电压的骤升、骤降进行监测和记录，具有较强的实用性。主要有以下功能：

基本测量量：电网频率；电压、电流有效值；总的有功、无功功率、功率因数。

基本监测指标：

- ★ 三相基波电压、电流有效值，基波功率、功率因数、相位等；
- ★ 电压偏差；
- ★ 频率偏差；

- ★ 三相电压不平衡度、三相电流不平衡度、负序电压、电流；
- ★ 谐波（2~50次）：包括电压、电流的总谐波畸变率、各次谐波含有率、幅值、相位；各次谐波的有功、无功功率等；

3) 高级监测指标：

- ★ 间谐波；
- ★ 电压波动、闪变；
- ★ 电压骤升、骤降、短时中断；
- ★ 暂时过电压、瞬态过电压；

显示功能：

装置面板上带有大屏幕LCD显示器，以图形方式显示主要电能质量监测指标的实时数据；

设置功能：

可对装置硬件时钟进行设置，对监测参数进行设置、修改和查看，并设有密码保护；

记录存储功能：

可对基本监测指标和高级监测指标实时保存，保存时间可设置，实时数据在装置上最长保存时间为90天，之后按“先进先出”原则更新；

统计功能：

装置具有对主要监测指标的在线统计功能，可统计一个时间段内监测指标的最大值、最小值、平均值、95%概率大值等；

通讯功能：

装置提供多种通讯接口方式，实现监测数据的实时传输或定时提取存储记录，可通过工业以太网接口与远方电能质量管理中心通讯，也可通过RS232C/RS485接口，以Modem或GPRS方式与远方通讯；

GPS对时功能：

装置具有GPS硬对时接口，可保持与远方管理中心的时钟一致；

事件触发录波功能：

可根据客户要求设定事件触发条件（手动或自动），记录事件触发前、后实时数据并保存，并保存有事件日志以供查询。

监控终端采用 DSP +ARM7 的双处理器架构，其中 TMS320F2812 是 TI 公司最新推出

的 DSP 芯片，是目前国际市场上最先进、功能最强大的 32 位定点 DSP 芯片。指令最高运算速度 150MIPS，指令兼容性能好。采用 16 位高精度 ADC 数模转换模块 ADS8364，精度提高 25%，最高采样速率 250kHz。更适合电网多信号的采集、快速数据转换、处理操作等特点。装置面板配置有超大屏幕的 LCD 显示器，分辨率达 320 *240，可以图形方式显示电能质量数据；同时面板上设有六个 LED 信号灯，可作为某些电能质量指标越限时的告警信号或装置出现异常时的告警信号指示；面板上还设有操作键盘，可作为人机操作的接口，通过键盘操作，可在 LCD 上进行查看、修改、设置等操作。并且具有丰富的片内外围设备，便于接口和模块化设计。它既具有数字信号处理能力，又具有强大的事件管理能力和嵌入式控制功能，特别适用于有大量数据处理的测控场合。将 DSP 高速数字信号处理功能和 ARM7 完善的管理、通讯、丰富的接口功能相结合。

数据采集

该装置配置不同数量的模拟量采集回路，综合实际功能需要和数据处理能力，采样率为 6.4KHz，即每周波采样 128 点。核心器件 A/D 转换芯片采用 TI 公司的 16 位、6 通道、同步采样 A/D 转换器件，具有转换精度高，转换速度快，同步采样等优点。同时，为防止由于频率偏离额定值时造成测量误差，装置设有频率自动跟踪回路，实时调整采样间隔，以防止频率“泄漏”。

电压偏差

1) 电压偏差的定义 (GB/T12325—2003)

$$\text{电压偏差 (\%)} = \frac{\text{实测电压} - \text{系统标称电压}}{\text{系统标称电压}} \times 100(\%)$$

1) 功能

装置实时计算三相相电压和线电压，基本记录周期为 3s，取 3s 的瞬时值进行有效值计算，其时间标签为该 3 秒钟结束的时刻。记录保存的时间间隔，可设置为 3 秒钟的整数倍，记录取最大值。

装置可统计在一定时间间隔内（最短为 1 小时）的电压合格率、电压越限率、电压偏差最大值、最小值、平均值、95% 概率大值。

装置可设置电压偏差门槛值，实时检测电压偏差是否越限，在发生电压偏差越限时，会自动生成相关事件日志并记录有关事件数据。

2) 指标

电压测量误差：±0.2%；

电压偏差误差：±0.2%。

4.3. 频率偏差

1) 频率偏差的定义 (GB/T15945—1995)

$$\Delta F = F(\text{实测}) - F(\text{额定})$$

2) 功能

具有记录、统计、事件记录等功能。

3) 指标

频率测量误差：±0.01Hz。

电压、电流不平衡度

1) 电压、电流不平衡度的定义

指三相电力系统中三相不平衡的程度，用电压或电流负序分量与正序分量的方均根值百分比表示。电压或电流不平衡度分别用 ε_U 或 ε_I 表示。

$$\varepsilon_U = \frac{U_2}{U_1} \times 100(\%) \qquad \varepsilon_I = \frac{I_2}{I_1} \times 100(\%)$$

其中：

U_1 ——三相电压的正序分量方均根值； U_2 ——三相电压的负序分量方均根值

I_1 ——三相电压的正序分量方均根值； I_2 ——三相电压的负序分量方均根值

2) 功能

装置根据计算的三相电压、三相电流，通过软件合成正序、负序电压和电流，从而计算电压、电流的不平衡度，基本记录周期和记录保存周期同 3.2 和 3.3。

装置同样具有对不平衡度的统计和越限事件记录功能。

3) 指标

电压不平衡度误差：±0.2%；

电流不平衡度误差：±0.5%。

谐波监测

1) 定义

谐波 (Harmonic) 即对周期性的变化量进行傅里叶级数分解，得到频率为大于 1 的整数倍基波频率的分量，它是由电网中非线性负荷而产生的。

2) 功能

装置对电压、电流采样值进行 FFT 分解,可以得到各次谐波分量,由于采取了频率自动跟踪补偿,消除了频率“泄漏”,防止了基波频率偏离额定值情况下造成的测量误差。实时计算量包括:电压、电流的总谐波畸变率、按照国标 A 级要求的 2~50 次谐波含有率、幅值、相位;各次谐波的有功、无功功率等。基本记录周期和记录保存周期同上。

装置可在面板 LCD 上显示电流、电压的实时波形,电压、电流的谐波棒图,各次谐波电流、电压的实时波形。同时具有谐波越限告警功能。有关谐波的统计功能在上位机完成。

装置谐波测量达到国标 A 级标准;

间谐波监测

电力系统中谐波问题已引起广泛的关注。现行国家标准《电能质量 公用电网谐波》(GB/T 14549—93)对谐波规定了限值和测试方法,而对间谐波(interharmonics),目前国内缺乏测量手段,相关的文献资料也很少。实际上间谐波及其影响广泛存在于电力系统中,非常有必要对间谐波进行监测并限制在一定的限值内。

1) 间谐波的定义和产生原因

间谐波是指非整数倍基波频率的谐波,这类谐波可以是离散频谱的或连续频谱的。

所有非线性的波动负荷(电弧炉、电焊机、晶闸管供电的轧机等等),各种变频调速装置,同步串级调速装置以及感应电动机等均为间谐波源,因此间谐波广泛存在于电力系统中;

电力系统中的间谐波电压会引起灯光闪烁,对音频脉冲控制的接收机、电视机、无线电收音机或其它音频设备造成干扰,还可能引起感应电动机噪声和振动引起低频继电器的异常运行以及无源电力滤波器过流跳闸等问题。因此间谐波电压应限制在足够低的水平(一般为 0.2 以下);

2) 间谐波的测量

对于含有间谐波的波形,因为间谐波分量的频率是基波的分数倍而且是不可预知的,往往很难确定波形周期。因此测量中非同步引起的频率泄漏和栅栏效应造成的误差不可避免。并且间谐波的幅值往往远小于基波与谐波分量的幅值,这意味着间谐波分量对频谱泄漏具有很高的灵敏性。谐波分量的频谱泄漏有可能淹没真实的

间谐波，或者产生虚假的间谐波而难以分辨。当间谐波与基波、谐波分量的频率接近时，这种影响就更加明显。另外，间谐波与基波和各谐波分量的频域距离小于一个工频，也就是说在检测间谐波时需要提高频率分辨率，这就要求采样时间加长，为此，IEC 61000-4-7(6)和 IEC 61000-4-30(7)规定对工频 50Hz 系统，采样时间取 10 个周波（200ms）即频率分辨率为 5Hz。根据国标《电能质量监测设备通用要求》的规定，装置对间谐波的测量采用此标准，即：

——间谐波的监测取值方法仍依据 GB/T 14549-93 针对谐波的取值方法进行，即一个基本记录周期为 3 秒钟；

——间谐波的分辨率一般为 1/8 工频频率，也可根据具体测试的需要设置为其他频率；

间谐波的监测功能可根据需要设置为启动或停止，在装置实现上，装置存储 20 个幅值最大的间谐波。

3)、指标

本装置间谐波测量精度指标参照谐波测量精度要求，达到 A 级标准。

电压波动和闪变

电力系统的电压波动和闪变主要是由具有冲击性功率的负荷引起的，如变频调速装置、炼钢电弧炉、电气化铁路和轧钢机等。这些非线性、不平衡冲击性负荷在生产过程中有功和无功功率随机或周期性的大幅度变动，当其波动电流流过供电线路阻抗时产生变动的压降，导致同一电网上其它用户电压以相同的频率波动。这种电压幅值在一定范围内（通常为额定值的 90%~110%）有规律或随机地变化，称为电压波动。

电压波动通常会引起许多电工设备不能正常工作，如影响电视画面质量、使电动机转速脉动、使电子仪器工作失常、使白炽灯光发生闪烁等等。由于一般用电设备对电压波动的敏感度远低于白炽灯，为此，选择人对白炽灯照度波动的主观视感，即“闪变”，作为衡量电压波动危害程度的评价指标。

1) 电压波动

电压波动 (ΔV) 为一系列电压变动或工频电压包络线的周期性变化。电压波动值为电压均方根值的两个相邻的极值之差、常以其额定电压 U_N 的百分数表示其相对百分值，即

$$\Delta V = (U_{\max} - U_{\min}) / U_N * 100\%$$

按国标要求每 10 分钟保存一个电压波动记录，取 10 分钟内电压波动的最大值连同该 10 分钟时间段结束的时刻构成一条完整的电压波动记录；

2) 闪变

电压闪变的衡量指标主要短时间闪变严重度 P_{st} 和长时间闪变严重度 P_{lt} ，分别定义为：

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

式中 $P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} , P_{50} 分别为瞬时闪变视感度 $S(t)$ 超过 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% 时间比的 P_k 值。

$S(t)$ ：瞬时闪变视感度，闪变强弱的瞬时值随时间变化的一系列值。

P_k ：某一瞬时视感度 $S(t)$ 值在整个检测时间段内所占比

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N P_{st,k}^3}$$

式中 $P_{st,k}$ ：为第 k 次所测量的 P_{st} 值 N ：2 小时每隔 10 分钟所测的 P_{st} 值的个数。

由于闪变涉及较多概念，有必要对这些概念做一简述。

① 闪变觉察律 $F(\%)$

“闪变”作为电压波动引起的人眼对灯闪的主观感受，不仅与电压波动的大小有关，还与波动的频率、波形、灯具的性能和人的视感等因素有关。为描述闪变对人视觉的影响程度，IEC 推荐采用不同波形、频度、幅值的调幅波及工频电压作为载波向工频 230V、60W 白炽灯供电照明。经观察者抽样 (>500 人) 调查，闪变觉察律 $F(\%)$ 的统计公式为：

$$F = (C+D) / (A+B+C+D) \times 100\% \quad (4-2)$$

式中 A —— 没有觉察的人数；

B —— 略有觉察的人数；

C —— 有明显觉察的人数；

D —— 不能忍受的人数

② 瞬时视感度 st

电压波动引起照度波动对人的主观视觉反应称为瞬时闪变视感度 st 。通常以闪变觉察率为 50%，作为瞬时闪变视感度的衡量单位，即定义为 $st=1$ 觉察单位。与 $st=1$ 觉察单位相对应的各频率电压波动值 $\Delta V \%$ ，是研究闪变的实验依据。

③ 视感度系数 K_f

人脑神经对照度变化需要有最低的记忆时间，高于某一频率的照度波动普通人便觉察不到，闪变是经过灯—眼—脑环节反映人对照度的主观视感，引入视感度系

数 K_f 可以更为本质地描述灯一眼一脑环节的频率特性。

IEC 推荐的视感度系数是：

$K_f = \text{产生同样视感度的 } 8.8\text{Hz 正弦电压波动} / \text{产生同样视感度的 } f \text{ Hz 正弦电压波动}$

④ 短时间闪变严重度 P_{st} 和长时间闪变严重度 P_{lt}

对于电弧炉等随机变化负荷的电压波动，不仅要检查其最大电压波动，还要在足够长时间观察电压波动的统计特性。 P_{st} （统计时间为 10min）是描述短时间闪变的统计值， P_{lt} （统计时间为 2h）为描述长时间闪变的统计值。

按国标要求，短时闪变的一个记录周期为 10 分钟，长时闪变为 2 小时。

一般，电压波动和闪变不需要实时连续监测，可根据需要进行启动或停止。

3、指标

电压波动测量误差：±5%；

闪变测量误差：±5%；

暂态扰动的监测

暂态扰动包括暂态过电压、电压骤降、瞬态过电压以及电压短时中断问题。

电压骤降是指工频条件下电压均方根值减小到接近于 0 时，持续时间为 0.5 周波至 1 分钟的短时间电压波动现象。

电压短时中断是指供电电压消失一段时间（电压降到 0.1p.u. 以下），一般不超过几分钟。短时中断可以认为是 100%幅值的电压暂降。

暂态过电压是指在给定安装点上持续时间较长的不衰减或弱衰减的（以工频或其一定的倍数、分数）振荡的过电压。

瞬态过电压是指持续时间数毫秒或更短，通常带有强阻尼的振荡或非振荡的一种过电压。它可以叠加于暂时过电压上。

其中，暂态过电压和瞬态过电压的监测和限值要求在 GB / T18481-2001 标准中已有规定，而电压骤降和电压短时中断的监测和衡量指标尚未有相应国标规定，而大量的文献和实际生产过程中证明，电压骤降和电压短时中断是对用户影响最大的电能质量事件，因此非常有必要对电压骤降和短时中断进行监测。

对上述电能质量暂态扰动，装置可以实现如下功能：

- 1) 实时监测电压瞬时值，在发生扰动时，经过特定的检测算法，判断出扰动，并给出扰动发生的时刻，扰动的幅度，扰动的相位变化，扰动持续时间等信

息;

- 2) 判断出扰动后, 立即启动波形捕捉功能, 即录波功能, 记录下扰动前一段时间至扰动结束后一段时间内的电压波形。

谐波源检测

造成系统正弦波形的畸变, 产生高次谐波的设备 and 负荷, 称为谐波源。一切非线性的设备和负荷都是谐波源。

当前谐波源主要有三大类:

1. 铁磁饱和型: 如变压器、电抗器等铁芯设备的激磁电流, 主要谐波为 3、5、7 次。
2. 电子开关型: 如整流器、逆变器等各种电力电子设备, 其交流侧电流波形呈开关切合和换相特性, 特征谐波和与脉动数 p 有关, $h=kp\pm 1$, $k=1, 2, 3\cdots$, $I_h/I_1\leq 1/h$ 。
3. 电弧型: 如电弧炉, 其谐波电流具有很大的随机性, 主要谐波为 2、3、4、5、7 次。

谐波源检测的主要目标是: 谐波源是来自用户侧还是系统侧。

谐波源检测是非常有实用意义的一个应用, 但也是一件比较困难的事, 已有的一些方法或方案, 存在诸多的问题, 如: 理论上存在缺陷, 无法实用化等。本装置综合已有检测方法的优缺点, 采取了新的算法, 对谐波源的检测进行了有益的探索, 当然该方案还有待于在实践中进行检验。

故障录波

装置具有故障录波功能, 可以在电能质量指标越限时或发生扰动时启动录波, 可记录电压、电流瞬时值波形或有效值波形, 录波数据记录格式采用 IEEE — comtrade 格式。配有专用录波分析软件, 可以对数据进行分析、显示、存储等。

主要技术指标

1. 工作电源

额定值: DC220V/AC220V/DC110V (订货时需注明);

允许偏差: $-20\%\sim+15\%$;

功率消耗: 不大于 15W;

2. 交流电流输入

输入方式：电流互感器输入；

额定值 I_n ：5A/1A；

测量范围：0~2 I_n ；

功率消耗：不大于 0.5VA/路；

过载能力：2 I_n 连续工作；

40 I_n 允许 1s。

3. 交流电压输入

输入方式：电压互感器输入；

额定值 U_n ：57.7V；

测量范围：0~1.2 U_n ；

功率消耗：不大于 0.5VA/路；

过载能力：1.3 U_n 连续工作；

1.4 U_n 允许 1s。

4. 开关量输入

工作电压：DC110V/DC220V/AC220V/DC24V；

输入方式：空接点或有源接点；

隔离方式：光电隔离，隔离电压 2500V。

5. 环境

正常工作温度：-10℃~+55℃；

极限工作温度：-20℃~+65℃；

相对湿度：5%~95%；

大气压力：86kPa~106kPa；

海拔：可达 2000 米；

防护等级：IP50。

6. 安全性能

◆ 绝缘强度

装置能承受有效值为2kV、频率为50Hz、历时1min的绝缘强度试验，而无击穿和闪络现象。

◆ 绝缘电阻

用开路电压为 500V 的兆欧表测量装置的绝缘电阻值，正常试验大气条件下各等

级的各回路绝缘电阻不小于 $20\text{M}\Omega$ 。

◆ 冲击电压

在正常试验大气条件下，装置的电源输入回路、交流输入回路、输出触点回路对地以及

及回路之间能承受 $1.2/50\mu\text{s}$ 的标准雷电波的短时冲击电压试验，开路试验电压 5kV 。

◆ 耐湿热性能

装置应能承受GB/T 2423.9-2001规定的恒定湿热试验。试验温度 $+40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(93\pm 3)\%$ ，试验时间为48小时，在试验结束前2小时内，用500V直流兆欧表，测量各外引带电回路部分外露非带电金属部分及外壳之间、以及电气上无联系的各回路之间的绝缘电阻应不小于 $1.5\text{M}\Omega$ ；介质耐压强度不低于表1规定的介质强度试验电压幅值的75%。

7. 电磁兼容性能

◆ 静电放电抗扰度

通过GB/T 17626.2-1998规定的严酷等级为IV级的静电放电抗扰度试验。

◆ 射频电磁场辐射抗扰度

通过GB/T 17626.3-1998规定的严酷等级为III级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

◆ 快速瞬变脉冲群抗扰度

通过GB/T 17626.4-1998规定的严酷等级为IV级的快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

◆ 脉冲群抗扰度

通过GB/T 17626.12-1998规定频率为100kHz和1MHz严酷等级为III级的脉冲群抗扰度试验。

◆ 浪涌（冲击）抗扰度

通过GB/T 17626.5-1998规定 $1.2/50\mu\text{s}$ 严酷等级为III级的浪涌抗扰度试验。

8. 机械性能

◆ 振动

装置能承受 GB/T 11287-2000 中3.2.1及3.2.2规定的严酷等级为I级的振动耐久能力试验。

◆ 冲击

装置能承受GB/T14537-1993中4.2.1及4.2.2规定的严酷等级为I级的冲击响应

试验。

◆ 碰撞

装置能承受GB/T14537-93中4.3规定的严酷等级为I级的碰撞试验。

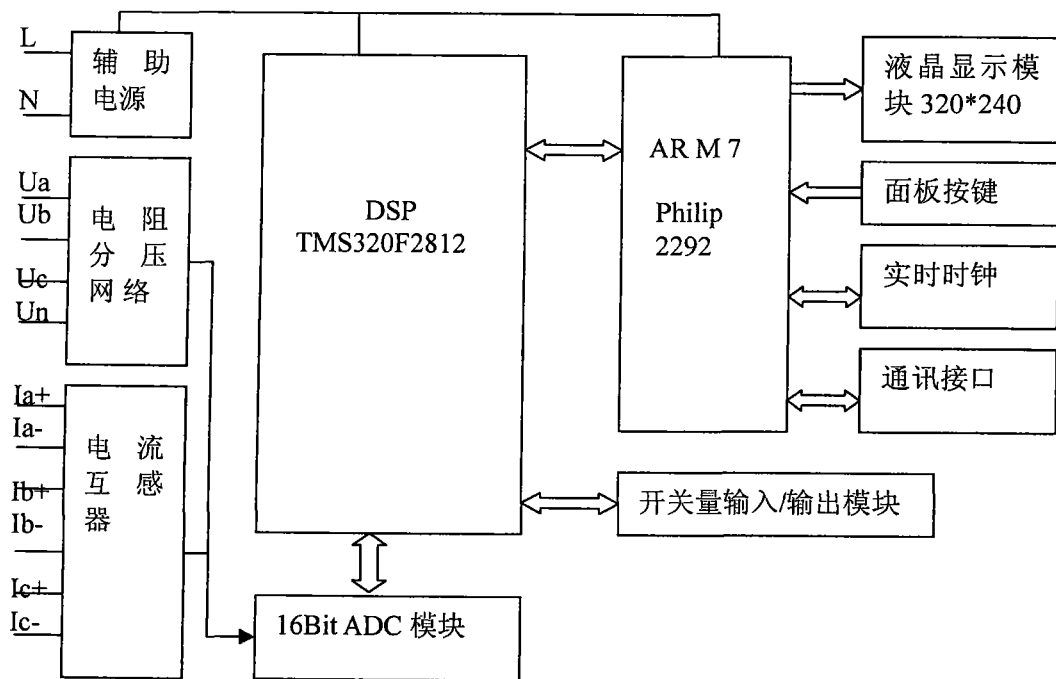


图 1