

电能质量扰动及其在线监测装置的设计

李加升^{1,2}, 戴瑜兴¹, 黄文清¹

(1. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 益阳职业技术学院, 湖南 益阳 413049)

摘要: 电能质量在线监测是获取电能质量信息的唯一途径。在引入电能质量基本概念基础上, 对电能质量扰动类别进行了阐述; 针对电能质量扰动的基本特征, 提出了一种集中分布式的电能质量扰动在线监测系统方案, 并对系统核心部件——电能质量在线监测装置进行了设计和开发。

关键词: 电能质量; 扰动; 在线监测; 集中分布式

Power quality disturbance and design of on-line monitoring device

LI Jia-sheng^{1,2}, DAI Yu-xing¹, HUANG Wen-qing¹

(1. Hunan University, Changsha 410082, China; 2. Yiyang Professional Technology Institute, Yiyang 413049, China)

Abstract: Power quality monitoring online access to grid electricity is the only way to quality information. The introduction of power quality on the basis of the basic concepts, in this paper, power quality disturbance conducts a detailed classification. Against the power quality disturbances basic characteristics, this paper proposes centralized distributed power quality disturbance on-line monitoring system program. The core components and systems that power quality on-line monitoring instrument are designed and developed.

Key words: power quality; disturbance; online monitoring; centralized distributed

中图分类号: TM714 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)18-0069-04

0 引言

电力电子器件和其它非线性负荷的大量使用, 给电网带来了严重污染; 电网中存在大量电能质量问题, 如: 谐波、间谐波、电压暂升、电压暂降、电压暂时中断、电压缺口、振荡暂态、脉冲暂态等^[1]。这些电能质量问题给基于微处理器、微计算机的自动控制设备的正常运行带来了极大危害。为了有效改善电能质量问题, 首先必须及时了解电网电能质量信息。对电网进行实时监测, 是了解电能质量信息的唯一途径^[2]。

电能质量监测方式是一个不断变化的过程, 与所监测对象、目的及当时的计算机软硬件水平有着极大的关系。早期, 人们关心的主要是稳态电能质量, 这些稳态电能质量存在时间相对较长, 且变化不是很大, 所以采取离线监测方式能在一定程度上反映电网的电能质量实际情况; 该方式不需要太复杂的信号处理算法, 且由于采取离线方式, 没有太

大的数据量, 也就不需要大容量存储设备, 节约了软硬件资源。随着信息电力时代的来临, 涌现了大量动态电能质量问题, 传统的离线监测方式已经不能满足人们的要求, 此时, 需要一种实时在线监测方法; 现有的计算机软硬件水平和数据库技术、通信技术、信号处理技术也为这种在线自动监测技术提供了可能。

本文对电能质量扰动类别作了详细分类, 在此基础上, 设计了一种集中分布式的在线电能质量监测系统, 并对系统的核心组成部分——电能质量监测装置的软硬件进行了研究和开发。

1 电能质量概念及其分类

1.1 电能质量基本概念

一个理想电力系统其电压源是零阻抗的, 即不论流经的电流如何变化, 其电压始终恒定。然而实际电网中, 这种理想状况并不存在, 电能质量就是对理想值和实际值之间差距的一种衡量^[3]。

关于“电能质量”概念, 许多文献用电压质量、电流质量或者供电质量等术语来描述^[4], 这些表述

基金项目: 长沙科技局科技攻关项目 [长科发【2005】21号]

主要着眼于所提供电压、电流的波形特征。IEEE 技术协调委员会则从电能所产生的效果来定义电能质量, 提出: 合格的电能质量是指, 给敏感设备提供的电力和设置的接地系统是均适合于该设备正常工作的^[5]。IEEE 给出的这个概念较为抽象, Dugan 给出了一个更具体的定义: 导致用户设备故障或不能正常工作的电压、电流或频率偏差都是电能质量问题。在电力系统中, 电能是以电磁波的形式在电力线中传输的, 因而国际电工委员会 (IEC) 更多地从电磁兼容 (EMC) 角度来研究电能质量的问题, 强调设备相互之间以及设备与电源之间的相互影响。

1.2 电能质量扰动类别

尽管电能质量定义各种各样, 而实际电网中的电能质量扰动是客观的, 不会因为定义的不同而改变其存在的形式。为了能够更好地研究这种客观现象, 需要对扰动进行分类研究: ①便于故障诊断和定位, 电网中不同元器件、不同位置发生的故障, 可能表现为不同类别扰动, 反过来可以根据电网中已有的扰动类别来对故障进行识别定位; ②便于扰动检测算法设计, 不同类别扰动其波形特征各不相同, 为了对这些扰动波形实施准确检测, 需要采取不同的信号处理工具, 从而, 对扰动分类有助于各种检测算法的研究; ③对扰动分类, 有助于变杂乱无章的扰动信号为有用的电能质量信息, 这对于电能质量的治理研究也是相当重要的。

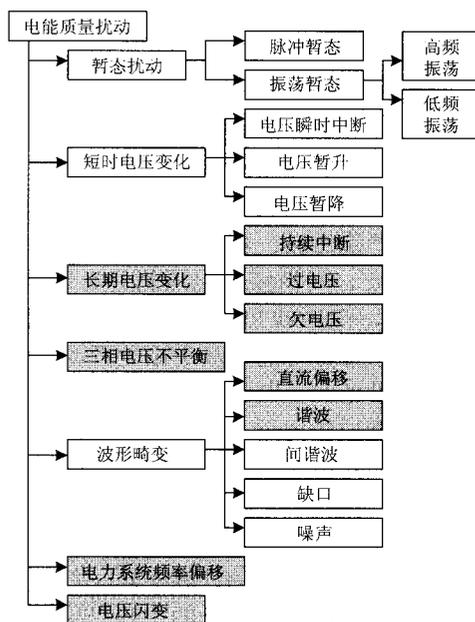
分类方法可以有多种不同视角, 目前比较有影响的有 IEC 标准和 IEEE 标准。IEC 标准, 从电磁现象及相互影响的方式考虑, 给出了引起电磁干扰的基本现象分类: ①低频传导现象: 谐波、间谐波、信号系统 (电力线载波)、电压波动、电压暂降与短时断电、电压不对称、电网频率变化、感应低频电压、交流网络中的直流; ②低频辐射现象: 工频电磁场; ③高频传导现象: 感应连续波 (CW) 电压与电流、单向瞬态、振荡瞬态; ④高频辐射现象: 磁场、电场、电磁场 (连续波、瞬态); ⑤静电放电现象 (ESD); ⑥核电磁脉冲 (NEMP)。

在 IEC 标准中, 电能质量问题的研究主要集中在前 4 类。在此基础上, IEEE 又新增加了一些术语 (terms), 并对 IEC 的分类作了适当的调整和改进, 见图 1。目前我国国家电能质量系列标准着重对稳态电能质量, 譬如供电电压允许偏差、电压允许波动和闪变、公用电网谐波、三相电压允许不平衡度和电力系统频率允许偏差等 (见图 1 阴影部分) 进行了研究。

2 电能质量扰动在线监测系统

2.1 系统架构设计

系统架构设计见图 2。图中: 最小的功能单元是电能质量监测装置 PQM, 它负责收集电网中发生的电能质量扰动数据, 并将其送往 PQ 处理中心; 为了增强 PQ 处理的实时性和有效性, 并加强 PQ 数据管理, 可将 PQ 处理中心分为多个级别——PQ 处理中心 I (可能是县市级) 和 PQ 处理中心 II (可能是省级), 其中 I 级的 PQ 数据进一步送往 II 级进行管理; “数据通信通道”是 PQM 与 PQ 处理中心之间以及各级 PQ 处理中心相互之间的数据吞吐通道, 它可以利用现有的有线、无线通信资源, 也可以是电力线载波通信, 还可以建立专线连接, 所有这些通信链路的选择可以根据用户的要求和现有的通信资源而定, 可以灵活多样。监测系统中, PQM 虽然是最小的功能单元, 却起着举足轻重的作用, 因为它是监测系统所有数据的“源头”。PQM 对电网实施连续在线监测, 一旦有扰动发生, 马上启动相应的保护装置, 同时也启动录波设备进行故障录波, 并将扰动波形进行存储, 打包送往 PQ 处理中心 I。



(注: 其中阴影部分为我国国家电能质量标准研究内容)

图 1 IEEE-1159 电能质量扰动分类

Fig.1 IEEE-1159 classification of power quality disturbances

2.2 电能质量监测装置设计

2.2.1 电能质量监测装置硬件设计思想

电能质量监测装置 PQM 的功能框图见图 3。

PQM 大致分为两大功能模块: 数据采集模块和信号处理模块等^[6]。

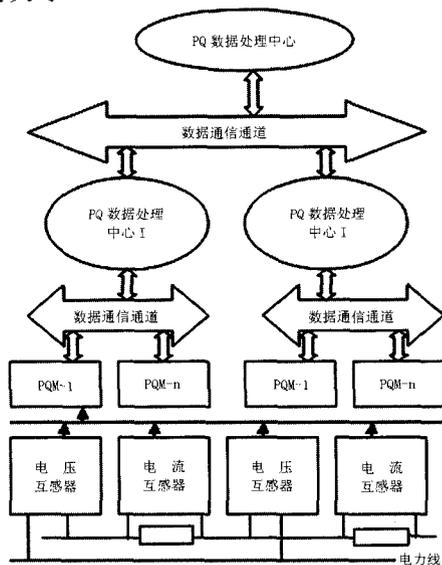


图 2 电能质量监测系统组网示意图

Fig.2 Power quality monitoring system network

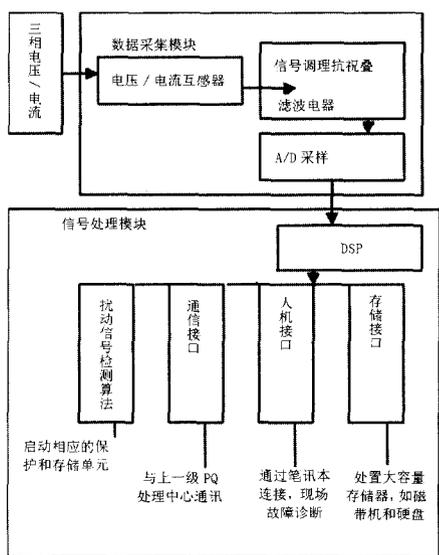


图 3 电能质量监测装置 PQM 功能框图

Fig.3 Power quality monitoring table PQM functional block diagram

数据采集模块的功能是, 对电压/电流进行采集, 并通过抗混叠滤波器对采集数据进行预处理, 然后将采集到的模拟量送往 AD 采样芯片进行模数转换。在数据采集过程中, 需要注意的是采样速率的选择, 可以有两种方案: ①固定的一种采样速率。为了能够检测到电网中发生的暂态扰动信号, 要求采样速率会很大, 不同的采样点会有不同的要求, 最大的可能达到几 MHz。②可分为多个通道, 对数

据进行分流。譬如, 可把电信号分流成两组, 一组重点在于检测其波形畸变, 譬如电压暂降和谐波等; 另一组重点监测高频扰动信号, 譬如脉冲暂态或振荡暂态等。这样会增加一些硬件投资, 但是会大大减少 DSP 处理数据量, 从而减轻 DSP 的信号处理负担, 获得更高的信号处理速度和精度, 增加整个监测系统的鲁棒性。

信号处理模块是 PQM 的核心, 也是整个 PQ 监测系统的核心。信号处理模块需要完成的功能有: ①对扰动信号的实时检测; ②对电压暂降信号的实时分析也在 PQM 中完成, 因为许多负荷对电压暂降扰动非常敏感, 所以当监测到电网中出现该扰动信号时, 需要立即启动相应的保护装置, 而这这就要求有很高的实时性, 只能通过 PQM 来完成; ③各级接口, PQM 就像一个感应装置, “感应”到电网中的扰动式, 需要启动许多接口程序来完成一系列任务: 譬如扰动数据的存储、传输等。

2.2.2 电能质量监测装置软件设计思想

电能质量监测仪软件主要由两大部分组成: ①信号处理软件; ②人机界面软件。其中, 信号处理软件部分主要负责对电力信号的采集和各种电力参数的计算, 并对各种电能质量问题进行判断处理; 人机界面软件提供菜单形式对各种电能质量参数进行查询和显示。系统软件设计模块见图 4。主程序流程图见图 5。

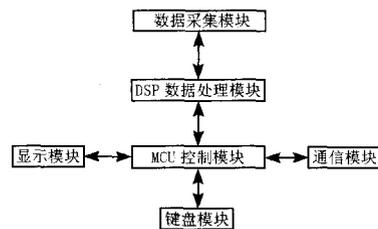


图 4 系统软件设计模块

Fig.4 System software design moldue

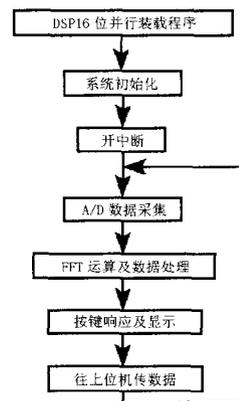


图 5 主程序流程图

Fig.5 Flow chart of main program

3 结束语

(1) 对电能质量实施在线监测, 首要目的是减少因各种电能质量问题造成的经济损失。通过电能质量在线监测可以及时发现电网中存在的严重隐患, 可以有效地预防事故发生。

(2) 通过在线监测获取电能质量信息, 对电网中各种电气设施的抗干扰性能有充分了解, 为后续的电气设备入网提供必要信息。

(3) 电力市场环境下, 电能质量问题日益引起发电公司、电网公司与用户的共同关注。越来越多的电力用户向供电部门提出了高质量供电要求, 他们甚至通过签订供电合同和保证电能质量的协议等方式来保障自己的用电权益。构建电能质量监测网络, 将各监测点电能质量数据集中到电能质量监测中心分析和评估, 将评估结果作为治理电能质量问题的依据, 这在电力市场环境下显得尤为重要。

(4) 本文提出的集中分布式电能质量在线监测系统以及电能质量监测仪的设计思想, 对于构建一个有效的电能质量监控系统具有重要参考价值和指导意义。

参考文献

- [1] 林海雪. 论电能质量标准[J]. 中国电力, 1997,30(3):9-10.
LIN Hai-xue. Talk About the Electric Power Quantity Standard [J]. Electric Power, 1997,30(3):9-10.
- [2] 韩英铎, 黄民聪. 信息电力与 FACTS 及 DFACTS 技术[J]. 电力系统自动化, 2000,24(19):1-7.
HAN Ying-ze, HUANG Min-cong. Information Electric Power and FACTS and the Technique of DFACTS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000,24(19):1-7.
- [3] 林海雪. 现代电能质量的基本问题[J]. 电网技术, 2001, 25(10):5-12.
LIN Hai-xue. The Basic Problem of the Modern Electric Power Quantity[J]. Power System Technology, 2001, 25(10):5-12.
- [4] Bollen M H J. What is Power Quality? Electric Power Systems Research, 2003, 66(1):5-14.
- [5] 1159-1995 IS. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality[S].
- [6] 黄文清, 戴瑜兴. 基于 DSP 和虚拟仪器技术的电能质量监测系统[J]. 低压电器, 2005, (5): 32-35.
HUANG Wen-qing, DAI Yu-xing. Design of Power Quality Monitoring System Based on DSP and Virtual Instruments[J]. Low-pressure Electric Appliances, 2005, (5): 32-35.

收稿日期: 2007-12-12; 修回日期: 2008-02-21

作者简介:

李加升 (1965-), 男, 副教授, 主要研究方向为电能质量检测、信号处理、应用电子技术; E-mail: lijiaosheng@163.com

戴瑜兴 (1956-), 男, 教授, 博士生导师, 目前主要研究方向为电能质量检测、数字化系统设计理论与应用现代网络通信理论及应用;

黄文清 (1968-), 男, 博士, 研究方向为电能质量检测、现代信号处理、小波分析及电力载波通信。

(上接第 68 页 continued from page 68)

- [9] 严浩军. 变电站电压无功综合自动控制问题探讨[J]. 电网技术, 2000, 24(7): 41-43, 48.
YAN Hao-jun. Some Problems on Integrated Control for Voltage and Reactive Power in Substations[J]. Power System Technology, 2000,24(7):41-43,48.

作者简介:

胡斌 (1972-), 男, 工程师, 研究方向为继电保护及电力系统监控; E-mail: hubin@dongfang-china.com

彭爱国 (1972-), 男, 工程师, 硕士研究生, 研究方向为继电保护及电力系统监控;

晏先云 (1971-), 男, 硕士研究生, 高工, 研究方向为继电保护及电力系统监控。

收稿日期: 2007-11-13; 修回日期: 2008-01-09