

学校代码: 10384
学 号:

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

电能质量监测仪的设计与研究

Design and Research of Power Quality Surveillance

指导教师姓名: 熊 光 明
专 业 名 称: 测试计量技术及仪器
论文提交日期: 2008 年 4 月
论文答辩时间: 2008 年 6 月
学位授予时间: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文,是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果,均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人(签名):

签字日期: 年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家有关部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查询，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、 保密 ()，在伍年解密后适用本授权书。
- 2、 不保密 ()

(请在以上相应括号内打 " ")

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

摘要

目前我国的电力电网系统处在高速扩容发展阶段，用户对电能质量要求也在不断提高。及时分析掌握电网的电能质量水平，找出影响电网电能质量的因素，实现实时动态测量电能质量的主要指标，对电网的安全和经济运行有着积极意义。随着数字化及网络通讯技术的发展，要求新型电能质量监测分析仪，不仅能够测量基本电力参数和电能质量指标，还应具备分析、存储和实现数据上传等多种功能。

本文通过对电能质量的五项主要指标基本特征的分析，结合我国和IEC标准对电能质量的要求，设计了一种电能质量监测装置，可以实现对母线电压、电流量进行实时采集，后台软件通过选用的计算方法对采集数据进行分析 and 处理，实时地得到电压和电流的基波有效值、谐波有效值、电压偏差、电压总谐波畸变率、2~50次谐波电压含有率、2~50次谐波电流含有率、视在功率、有功功率、无功功率、功率因素、三相电压不平衡度、电压波动与闪变、系统频率等电力参数，并以波形图、趋势图、报表等形式反映监测结果。本文对电能质量监测装置主要研究内容包括：

1. 分析电能质量的五大基本指标：电压偏差、频率偏差、谐波含量、电压波动和闪变、三相电压不平衡度的定义、产生原因及其危害。
2. 研究电能质量指标测量计算方法，对谐波测量方法误差进行仿真分析。
3. 完成电能质量监测仪硬件系统的设计。包括电压隔离、传送模块设计、电流输入模块设计、抗混叠滤波器电路的设计和PCI-9114数据采集卡的应用设计研究。
4. 使用Microsoft Visual C++语言编写程序，实现对数据信息的分析和处理，并以波形图、趋势图、报表的形式显示输出监测的结果，具有定期保存功能。
5. 采用TCP作为网络通信模块的通信协议，运用TCP/IP的一个应用程序接口Socket实现网络通讯，将监测结果实现传输。

本装置具有强大的数据处理能力，能进行复杂的数学运算，能够实现和上位机进行通讯，能对各种电能质量指标进行快速、准确的计算。拥有丰富的数据展示界面，集成了实时数据采集和分析功能，通过网络通讯，将监测结果传输给远方

的调度部门，为电力部门采取措施改善电能质量提供可靠的依据，功能有了很大的提高。

关键词：电能质量；数据采集；监测

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

At present, power system is in the high speed expansion and rising in our country. Grasping the power quality levels timely, identifying the factors that affect power quality, measuring the key indexes of power quality in real-time, which have positive meanings for network security and economic operation. The developments of digital and network communications technology, require the new type of power quality monitoring, which not only could measure the basic parameters and power quality indexes, but also have the functions of analyzing, storing and uploading data, etc.

Based on the analysis of basic characteristics of five key indexes of power quality, depending on the national and IEC standards about power quality requirements, design power quality surveillance, which could sample the voltage of each bus and current of each line, programming language are used to develop the software to process the data and display the results in the forms of oscillograph, histogram and digital meter, the results include RMS of voltage and current, RMS of harmonics, voltage deviation, total harmonics voltage distortion rate, 2~50 harmonics content of voltage, 2~50 harmonics content of current, power, active power, reactive power, power factor, three-phase voltage imbalance factor, voltage fluctuation and flicker and system frequency, etc.

In this paper, the main contents of power quality surveillance include:

1. Analyzing five indexes' definition, occurrence and impact of power quality: voltage deviation, frequency, deviation, harmonic content, voltage fluctuation and flicker, three-phase voltage imbalance factor.
2. Research on specific methods of power quality's five indexes.
3. Designing hardware of power quality surveillance, including voltage isolation, transmission module, input current module and second anti-aliasing filter electrocircuit and application research of PCI-9114 data sampling

card.

4. Using Microsoft Visual C++ to develop the software, which can process the data and the results can be displayed in the form of oscillo graphs, histograms and digital meters and store regularly.

5. Using TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) as standard for data transmission over networks and using Windows Sockets to achieve network communications.

The surveillance has powerful data-processing capabilities which achieve complex mathematical operations and communicate with PC. The surveillance in this paper has rich data display interface and integrates functions of sampling data in real-time, analyzing and transferring results to the remote scheduling departments through network communications, which provide a reliable basis for the electricity sector to take measures to improve power quality and function has been greatly improved.

Keywords: Power Quality; Data sampling; Monitoring

目 录

| | |
|--------------------------|----|
| 第一章 绪论..... | 1 |
| 1.1 电能质量监测的技术与发展..... | 1 |
| 1.2 国内电能监测现状及存在问题..... | 3 |
| 1.3 课题研究背景和意义..... | 5 |
| 1.4 本课题研究的任务..... | 6 |
| 第二章 电能质量问题及理论基础..... | 7 |
| 2.1 电能质量概述..... | 7 |
| 2.2 电能质量指标的定义..... | 7 |
| 2.3 衡量电能质量指标的确定..... | 8 |
| 2.4 供电电压允许偏差..... | 8 |
| 2.5 电力系统的频率偏差..... | 9 |
| 2.6 三相电压不平衡度..... | 10 |
| 2.7 公用电网谐波..... | 11 |
| 2.8 电压波动与闪变..... | 14 |
| 2.9 电能质量监测方式..... | 15 |
| 2.10 小结..... | 15 |
| 第三章 电能质量指标测量方法选择与计算..... | 16 |
| 3.1 频率的测量..... | 16 |
| 3.1.1 频率测量方法介绍..... | 16 |
| 3.1.2 频率测量的实现..... | 17 |
| 3.1.3 采样频率的确定..... | 18 |
| 3.2 电压偏差的计算..... | 18 |
| 3.3 功率及功率因数计算..... | 19 |
| 3.4 三相不平衡度的测量..... | 20 |
| 3.4.1 三相不平衡度的测量方法..... | 20 |
| 3.4.2 各序电压计算..... | 20 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 3.5 电压波动与闪变的测量..... | 23 |
| 3.6 谐波测量原理..... | 25 |
| 3.6.1 离散傅立叶变换..... | 25 |
| 3.6.2 快速傅立叶变换..... | 28 |
| 3.7 谐波畸变率计算..... | 29 |
| 3.8 谐间波分析计算..... | 30 |
| 3.9 FFT谐波测量的误差及本装置改善措施..... | 32 |
| 3.9.1 频率跟踪法减少泄露的仿真..... | 33 |
| 3.9.2 混叠现象的产生与防止..... | 36 |
| 3.10 小结..... | 37 |
| 第四章 电能质量监测仪的硬件设计..... | 38 |
| 4.1 系统总体结构概述..... | 38 |
| 4.2 硬件组成及工作原理..... | 39 |
| 4.3 电压隔离模块设计..... | 40 |
| 4.4 抗混叠滤波器的设计..... | 41 |
| 4.4.1 设计背景..... | 41 |
| 4.4.2 抗混叠滤波器设计..... | 42 |
| 4.5 电压、电流传送模块设计..... | 43 |
| 4.5.1 电压输入模块设计..... | 43 |
| 4.5.2 电流输入模块设计..... | 44 |
| 4.6 数据采集卡的选择与分析..... | 45 |
| 4.6.1 数据采集卡的选择..... | 45 |
| 4.6.2 数据采集卡的特性..... | 46 |
| 4.6.3 数据采集的原理..... | 47 |
| 4.7 系统总接线电路图..... | 49 |
| 4.8 小结..... | 49 |
| 第五章 电能质量监测仪系统软件设计..... | 50 |
| 5.1 监测参数和技术指标..... | 50 |
| 5.1.1 监测参数..... | 50 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 5.1.2 技术指标..... | 51 |
| 5.2 软件总体设计..... | 51 |
| 5.2.1 系统数据流程..... | 52 |
| 5.2.2 功能模块划分..... | 53 |
| 5.3 类设计..... | 54 |
| 5.3.1 类的抽象分析..... | 54 |
| 5.3.2 类之间的数据流程..... | 56 |
| 5.3.3 类 CSam 的实现..... | 57 |
| 5.3.4 类 CChannel 的实现..... | 58 |
| 5.3.5 类 COriginView 的实现..... | 59 |
| 5.3.6 通讯类 CListenSocket 的实现..... | 59 |
| 5.4 数据文件分类..... | 61 |
| 5.4.1 文件头定义..... | 61 |
| 5.4.2 超标事件录波文件..... | 62 |
| 5.4.3 稳态分析数据文件..... | 64 |
| 5.5 用户界面设计..... | 64 |
| 5.6 报表设计..... | 66 |
| 5.7 小结..... | 67 |
| 第六章 监测系统现场调试及结果..... | 68 |
| 6.1 调试仪器..... | 68 |
| 6.2 监测仪功能调试及结果..... | 68 |
| 6.3 小结..... | 74 |
| 第七章 结论与展望..... | 75 |
| 7.1 结论..... | 75 |
| 7.2 展望..... | 75 |
| 符号表..... | 77 |
| 参考文献..... | 79 |
| 硕士期间发表论文..... | 81 |

致谢.....82

厦门大学博硕士论文摘要库

CONTENT

| | |
|--|----|
| CHAPTER I Introduction..... | 1 |
| 1.1 Technology and development of power quality surveillance..... | 1 |
| 1.2 Status and existing problems of power quality surveillance..... | 3 |
| 1.3 The background and meanings of research..... | 5 |
| 1.4 Main research task in this thesis..... | 6 |
| Chapter II Problems and theoretical foundation of power quality..... | 7 |
| 2.1 Introducing of power quality..... | 7 |
| 2.2 Definition of indexes of power quality | 7 |
| 2.3 Confirming of power quality indexes..... | 8 |
| 2.4 Admissible supply voltage deviation..... | 8 |
| 2.5 Permissible frequency deviation of power system..... | 9 |
| 2.6 Admissible three-phase voltage imbalance factor..... | 10 |
| 2.7 Harmonics in public supply network..... | 11 |
| 2.8 Voltage fluctuation and flicker..... | 14 |
| 2.9 Monitoring ways of power quality..... | 15 |
| 2.10 Summarize..... | 15 |
| Chapter III Computing indexes of power quality..... | 16 |
| 3.1 Computing frequency..... | 16 |
| 3.1.1 Intruducing measuring ways of frequency..... | 16 |
| 3.1.2 Realizing computing frequency..... | 17 |
| 3.1.3 Confirming of sampling frequency..... | 18 |
| 3.2 Computing of voltage deviation..... | 18 |
| 3.3 Computing of Power and power factor | 19 |
| 3.4 Computing three-phase voltage imbalance factor..... | 20 |
| 3.4.1 Computing three-phase voltage imbalance factor..... | 20 |
| 3.4.2 Computing every order voltage..... | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5 Computing voltage fluctuation and flicker..... | 23 |
| 3.6 Principle of measuring harmonics..... | 25 |
| 3.6.1 DFT..... | 25 |
| 3.6.2 FFT..... | 27 |
| 3.7 Computing of harmonics distortion rate..... | 29 |
| 3.8 Analyzing and computing of interharmonics..... | 30 |
| 3.9 Error of FFT and measures to amend in surveillance..... | 32 |
| 3.9.1 Simulation of frequency tracking to reduce leakage..... | 33 |
| 3.9.2 Generating and preventing aliasing phenomenon..... | 36 |
| 3.10 Summarize..... | 37 |
| Chapter IV Hardware design of equipment..... | 38 |
| 4.1 General structure of system..... | 38 |
| 4.2 Hardware structure and principle..... | 39 |
| 4.3 Designing of voltage isolated module..... | 40 |
| 4.4 Designing of filter..... | 41 |
| 4.4.1 Designing of background..... | 41 |
| 4.5.2 Designing of filter..... | 42 |
| 4.5 Designing transmission of voltage and current..... | 43 |
| 4.5.1 Designing of voltage inputting module..... | 43 |
| 4.5.2 Designing of current inputting module..... | 44 |
| 4.6 choosing card and analyzing..... | 45 |
| 4.6.1 Choosing card..... | 45 |
| 4.6.2 The Characteristics of data card..... | 46 |
| 4.6.3 Principle of data sampling card..... | 47 |
| 4.7 The total graph of system connectting..... | 48 |
| 4.8 Summarize..... | 49 |
| Chapter V Design and test of software..... | 50 |
| 5.1 Monitoring of parameters and technology indexes..... | 50 |
| 5.1.1 Monitoring of parameters..... | 50 |

| | |
|---|----|
| 5.1.2 Technology indexes..... | 51 |
| 5.2 Designing of software..... | 51 |
| 5.2.1 Flow of data system..... | 52 |
| 5.2.2 Parting of function module..... | 53 |
| 5.3 Designing class..... | 54 |
| 5.3.1 Astract analyzing class..... | 54 |
| 5.3.2 Data flow between classes..... | 56 |
| 5.3.3 Realizing of CSam..... | 57 |
| 5.3.4 Realizing of Cchannel..... | 58 |
| 5.3.5 Realizing of COriginView..... | 59 |
| 5.3.6 Rrealizing of CListenSocket..... | 59 |
| 5.4 Classifing the file..... | 61 |
| 5.4.1 Defining head of file..... | 61 |
| 5.4.2 The file of superscale..... | 62 |
| 5.4.3 The file of steady data..... | 64 |
| 5.5 Designing of user interface..... | 64 |
| 5.6 Designing of report forms..... | 66 |
| 5.7 Summarize..... | 67 |
| Chapter VI Testing in locale of surveillance and results..... | 68 |
| 6.1 Test equipment..... | 68 |
| 6.2 Function test and results of surveillance..... | 68 |
| 6.3 Summarize..... | 74 |
| Chapter VII Conclusion and expectation..... | 75 |
| 7.1 Conclusion..... | 75 |
| 7.2 Expection..... | 75 |
| List of symbols..... | 77 |
| References..... | 79 |
| Publications..... | 81 |

Acknowledgements.....82

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

1.1 电能质量监测技术与发展

我国的电力供应长期以来一直比较紧张，人们关注的焦点主要在电力供应量方面，对电能质量关心不多，通常只对电压、频率两个指标进行考核，主要电能质量指标仍不能完全满足国家标准的要求。35kV 及以下的电压合格率低，特别是用户最多的低压 380V/220V 电网的电压合格率是最低的。据某电业局的统计，某电业局的 35KV 及以上专供用户，1999 年的电压合格率也只有 89.55%，380V/220V 的电压合格率只有 77.68%。随着电力供应紧张局面的初步缓解，电能质量的日益恶化和影响已成为亟待关注和解决的问题。

电能质量问题对电力系统、供电部门和电力用户带来严重的危害，主要表现在以下几个方面^{[1][2]}：

(1) 谐波使公用电网中的元件产生附加的损耗，降低了发电、输电及用电设备的效率，大量谐波流过中线会使线路过热甚至引起火灾。

(2) 影响电气设备的正常工作，使电机产生机械振动和噪声等，使变压器局部严重过热，使电容器、电缆等设备过热、绝缘老化、寿命缩短以至损坏。

(3) 引起电网谐振，这种谐振可能使谐波电流放大几倍甚至数十倍，会对系统，特别是对电容器和与之串联的电抗器形成很大的威胁，常常使电容器烧毁。

(4) 导致继电保护和自动装置误动作，造成不必要的供电中断和生产损失。

(5) 使电气测量仪表计量不准确，产生计量误差，给供电部门或者电力用户带来经济损失。

(6) 对临近的通讯系统产生干扰，轻则产生噪声，降低通信质量；重则导致信息丢失，使通信系统无法正常工作。

(7) 短时停电、电压骤降或者电压骤升会影响许多特殊行业的生产过程，降低生产功效和产品质量，直接造成经济损失。

(8) 不平衡电压使旋转电机的转子受到反方向的负序旋转磁场的作用，该磁场切割转子产生双倍频率附加电流从而使电机本身发热烧损，双倍频率附加交变电磁力矩同时作用在转子和定子上产生双倍频率附加振动。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库