

# Design of Intelligent Electricity Meter System for Student's Dormitory Based on Neural Networks

LIU Ningning<sup>1</sup>, SU Xing<sup>2</sup>, YU Wanhai<sup>3</sup>, LIU Jianhua<sup>1</sup>

1. Department of Electric Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang, China

2. Northwest University for Nationalities, Lanzhou, China

3. Department of Automotive Engineering Xingtai Technology Institute, Xingtai, China

e-mail: .liuning209@yahoo.com.cn, lfengju@163.com

**Abstract:** The intelligent metering system analyzes the voltage and current wave of electrical appliances used in the apartment of student with Fast Fourier Transform, and then identifies high-power load and computer, prevents the students from violating electric power regulations. It can also meet special requirements of electricity management for students' dorm, such as overload judgment, illegal electric appliances identification, timing on and off, remote control, etc.

**Keywords:** fast Fourier transform; recognizing the electric appliances; illegal electric appliances

## 基于傅立叶变换学生公寓用电智能管理系统设计

刘宁宁<sup>1</sup>, 苏兴<sup>2</sup>, 于万海<sup>3</sup>, 刘建华<sup>1</sup>

1. 石家庄铁道学院电气系, 石家庄, 中国, 050043

2. 西北民族大学, 兰州, 中国, 730030

3. 邢台职业技术学院汽车工程系, 邢台, 中国, 054000

e-mail: liuning209@yahoo.com.cn, lfengju@163.com

**【摘要】**系统应用运用傅立叶变换对学生公寓用电负载的电压电流波形进行分析, 识别出大功率恶性负载与计算机负载, 从而杜绝学生违章用电, 并且实现了对学生公寓用电管理的特殊管理, 如超负荷判断、违章电器识别、定时断送电、特殊用户用电无限制、远程抄表和远程控制等功能。

**【关键词】**傅立叶变换; 负载识别; 违章电器

### 1 引言

随着高校的扩招, 在校学生人数激增, 并且电器种类越来越多, 导致高校学生公寓火灾事故时有发生, 学生公寓已成为学校安全事故的多发地段, 并成了学校安全管理工作的重点和难点。如何自动控制超负荷用电和纯电阻发热电器的使用(自动断电供电)、电量计量、自动侦察违规用电等问题, 已成为校园管理者急需解决的问题。现有的用电管理方式, 在用电安全和用电节约上存在着诸多矛盾和隐患<sup>[1]</sup>。本文针对学生公寓这个人口密集、用电负载类型多样的场所, 设计了一个以 DSP 为核心能自动识别负载类型并能限制恶性负载使用的学生公寓智能用电管理系统。

### 2 系统总体结构

系统由智能电表(下位机)、上网卡、管理微机三部分组成, 每个智能电表可实现 15 路用户(学生宿舍)

的电量数据采集, 并通过上网卡与校园网连接, 可由一台微机远程管理校园内所有公寓楼的智能电表, 下位机可脱离管理微机独立运行, 如图 1 所示。

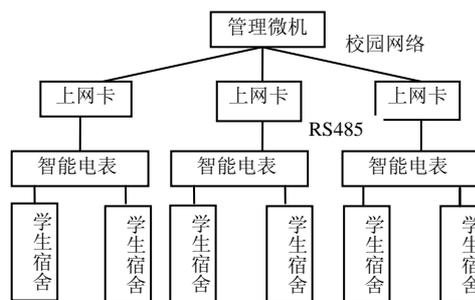


Figure 1. Diagram: framework of the whole system

图 1. 系统总体结构框图

### 2.1 系统硬件结构

智能电表系统单元以智能芯片 TMS320LF2812 为

控制中心,电压互感器输出的 50hz 信号经锁相电路产生的频率为 6.4K 的脉冲<sup>[2]</sup>,启动 TMS320LF2812 的外部中断源,利用 dsp 内部 10 位 AD 实现 15 路用户的电压电流信号循环采集,根据处理器的处理结果控制继电器断合,并保存重要数据参数(各用户每天用电量、各种控制参数、每月用电量及余额、用户交费电量及余额、房间号、异常记录等)于 AT24C256,如图 2 所示。

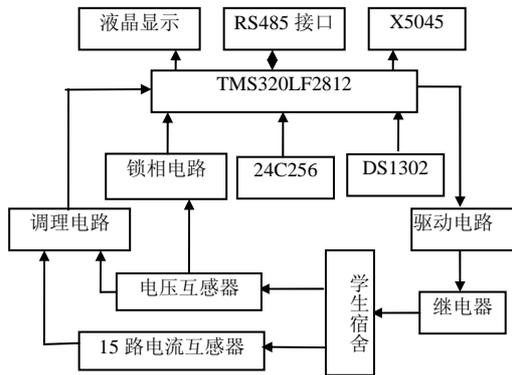


Figure 2. Hardware structure of the system

图 2. 系统硬件结构

## 2.2 功率计算原理

系统采用了锁相电路,解决了微机采样时间与工频交流电源的周期不同步的问题,保证了对电压电流的每周期精确采样 128 点(采样率 6400Hz),相乘后“软件积分”得到功率,消除了电网电压频率及相位波动带来的计量误差。

在现代电网中,由于用电负荷中存在着大量的冲击性整流负载(个人电脑、充电器等),故其各区域性负载的电流波形几乎不可能是正弦的,由于用电负荷波形有可能与正弦波形相去甚远,尤其对于冲击性整流负载高次谐波包含较大能量的情况,在充分考虑到计算积累误差的情况下,电源每周期的采样点数 N 应在微机运行速度允许的情况下尽可能取大。若取  $N > 100$ ,则根据奈奎斯特法则,可以采样到第 50 次谐波。

## 3 系统主要功能

根据学生公寓用电管理的实际情况,下位机软件主要完成如下功能:

- 系统自动计量各房间功率值和每天的用电量,并存储到 24C256 中,定时完成定量电量和交费电量余

额结算。

- 系统自动完成定时断送电。
- 系统可实现欠费自动断电,交费自动送电。

- 系统实时监控各宿舍用电情况。

- 该系统具有识别恶性负载、超负荷自动断电功能,恶性负载、超负荷切除后,系统自动恢复供电。

- 液晶显示屏滚动显示各房间的交费余额、定量余额及各宿舍的断送电情况,方便学生随时查询。

- 免费电量设置:系统设置方式灵活,学校可按每月、每季、每学期分类对房间设定不同的免费用电量。

- 系统掉电时备用电池自动投入,保存重要数据。

- 由于系统完成的功能复杂,要有自检功能,便于维护。

系统管理微机的功能包括:

- 可对下位机上传的各种数据进行统计、存储、打印、实时显示监控。

- 可向各下位机传送继电器断合命令、对 PCF8583 校时、用户交费及设定修改以上参数。

### 3.1 定时断送电及特殊用户处理

程序中存在三种继电器状态,第一种是实时继电器状态表,存放在内存中,当检测到异常用电情况时会临时断电 10 分钟,然后再送电,修改实时继电器状态表。第二种是送电表,保存在 24C256 中。在每天早晨定时送电时或系统上电时读出送继电器板;当发生欠费时永久断电,直至交费再送电,修改送电表。第三种是断电表,保存在 24C256 中,决定每晚定时断电或不断电的用户,有些特殊用户(如毕业班及辅导员宿舍)可通宵不断电。使用时应该读出断电表和送电表,两者逻辑相或再送继电器板(0 是合继电器,1 是断继电器)。

有些特殊用户(如辅导员宿舍)用电无限制且不计费,我们在内存中放一张特权表,设特殊用户特权为 0,其他普通用户特权为 1,计算功率时特权为 0 的用户功率赋为 0,就可不计电量,异常判断也就自动不起作用。

### 3.2 电量计量

学生宿舍都有规定的每月定量电量,本月定量电量用完之后再从交费电量中扣除。下位机每天定时进行电量结算,然后用新的定量电量余额或交费电量余额再刷新 24C256 相应存储区中。

本模块要考虑的问题有：本月未用完的定量电量

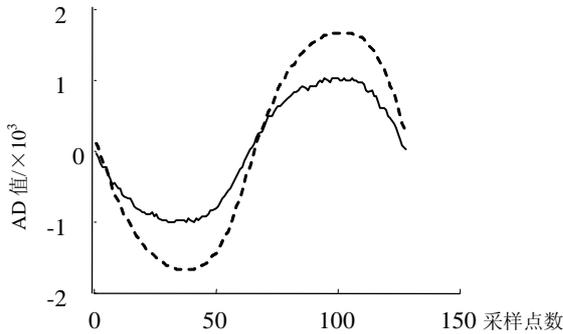


Figure 3. Wave: one lamp  
图 3. 白炽灯波形

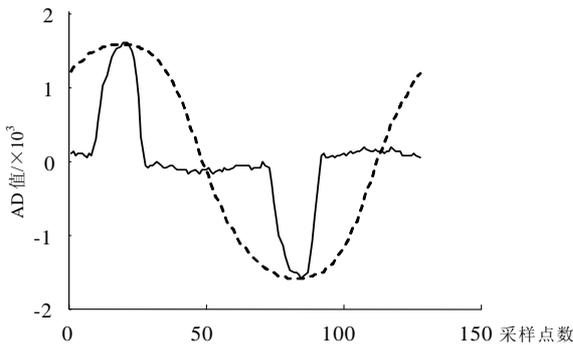


Figure 4. Wave: one computer  
图 4. 1 台计算机波形

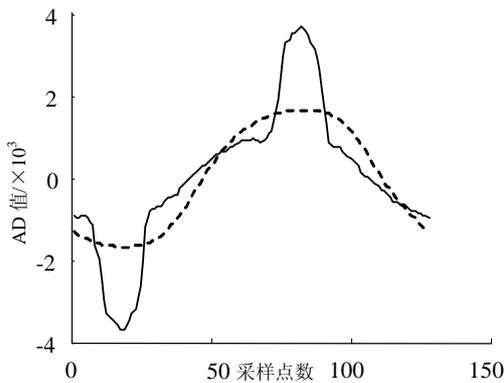


Figure 5. Wave: two computers and a lamp  
图 5. 2 台计算机与白炽灯的混合负载波形

不能移入下月使用，换月时要自动刷新定量电量，欠费要自动断电，交费后自动送电。

### 3.3 系统停电处理

系统备有备用电池，但供电电源随机停电后，备用电池供电，微处理器检测到停电标志后，会尽快把系统重要数据存储到非易失性存储器内，以备系统再

次上电时使用，在所有数据存储完毕后，系统自动切断电池供电。

### 4 基于傅立叶变换的负载识别

常见的学生公寓用电负载类型比较多，有阻性负载(如白炽灯、电炉、热得快)、感性负载(如日光灯)、容性负载(如风扇)、非线性负载(如计算机)以及它们混合时的负载。其中某些负载（热得快、电炉）是不允许使用，有些负载是限制使用，因此，对学生公寓用电负载的类型进行识别是禁止和限制学生使用某些负载前提。

傅立叶变换是时域到频域互相转换的工具，从物理意义上讲，傅立叶变换的实质是把函数的波形分解成许多不同频率的正弦波的叠加和<sup>[3-5]</sup>。

通过系统得到正弦电压下的典型负载的波形如图 3~图 5 所示，对应的频率响应如图 6~图 7 所示。

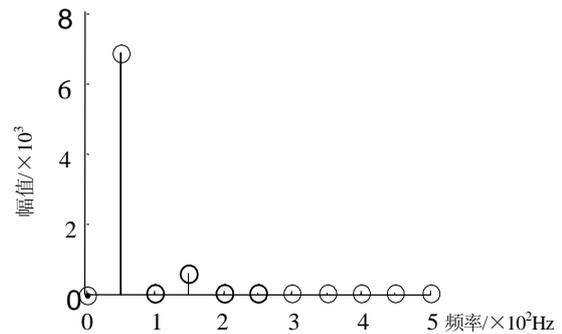


Figure 6. Amplitude frequency response chart of lamp's current  
图 6. 白炽灯电流幅频响应

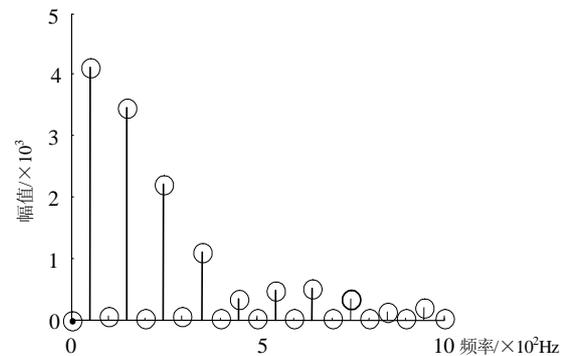


Figure 7. Amplitude frequency response chart of one computer's current  
图 7. 1 台计算机电流幅频响应图

分析以上波形,可以看出:

·从时域上看，计算机的电流波形有两个尖峰，已

**Table 1. Characteristic value of typical load**  
**表格 1. 典型负载的特征值**

负载类型	Ratio	Power/W	Powerc/W	Powernc/W
白炽灯	0.992	212.946	21.783	191.163
电炉子	0.990	1615.000	190.629	1424.371
日光灯	0.943	40.513	11.688	28.825
慢速风扇	0.942	37.034	11.642	25.432
白炽灯+日光灯+风扇	0.969	141.926	27.681	114.245
2 台计算机+电炉子	0.984	1795.200	232.045	1563.155
1 台计算机	0.477	115.392	122.903	-7.511
1 台计算机+40W 白炽灯	0.642	152.433	111.760	40.673
1 台计算机+200W 白炽灯	0.890	308.462	100.220	208.242
2 台计算机	0.486	215.175	223.778	-10.737
2 台计算机+40W 白炽灯	0.573	268.699	237.447	31.252
2 台计算机+100W 白炽灯	0.669	327.176	233.054	94.121

完全不同于正弦信号；而其它负载的波形还具有正弦信号的特点，但其与电压的相位差不相同。

·从频域上看，50Hz 的电压信号在电流上只产生 50Hz、150Hz、250Hz 的奇次谐波，并且幅值衰减很快，

并且只有电流的 50Hz 分量产生功率，其他频率基本不产生功率。

·对于单纯的计算机负载，电流信号的 50Hz 与 150Hz 的幅值比约为 1.2。

·含有计算机的混合负载和纯计算机负载相比，幅频响应图中，基波分量所占的比重明显增大了，高次谐波分量所占的比重明显降低，说明信号总能量中的阻性成分增大了。

·对于类阻性负载，基波成分很大，谐波含量很小。

经过分析比较表 1 数据，以下特征值作为负载识别的依据，效果较好。

- 当 Ratio≈0.48 时，证明是纯计算机负载；
- 当 Ratio>0.9 且 power≥800W 时，说明有大功率阻性负载，需断电处理；
- 当 Ratio≤0.9 且 power≥110W 时，证明是含计算机的混合负载且含有 1 台计算机；
- 当 Ratio≤0.9 且 power≈220W 时，证明是含计算机的混合负载，且含有 2 台计算机；
- 当 Ratio≤0.9 且 power≥500W，证明是含计算机的混合负载中还包含违章的大功率负载。

## 5 结束语

本系统安装于我校共数栋学生公寓，能够有效地检测到违章电器使用，能根据实际情况设定计算机的使用台数。系统的应用极大地提高学生公寓用电管理的合理性、实用性和可视性和智能化、自动化。

## References (参考文献)

- [1] TENG Shijin. Intelligent management system of electric distribution[J]. The applications of single-chip microcomputers,2005.4.  
滕世进. 智能配电管理系统[J]. 单片机与应用, 2005.4.
- [2] WANG Wei. The measurement method and realization of harmonics based on phase-locking and synchronized sampling. Electrical measurement and instrumentation[J]. 1992 (2) 12-14.  
王伟. 锁相同步采样谐波测量方法及其实现. 电测与仪表[J]. 1992 (2) 12-14.
- [3] HU Changhua,Zhang Junbo,XIA Jun. Analysis and design of the system based on MATLAB-wavelet analysis[M].Xian,Xi dian University Press, ,2001.2,4~12.(Ch).  
胡昌华,张军波,夏军等.基于MATLAB的系统分析与设计—小波分析[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.2,4~12.
- [4] CHEN Wenge, HuJiao Zhao and Xuezhi "ADAPTIVE WAVELET-BASED NEURAL NETWORK FOR FAULT CLASSIFICATION IN BEARING," Proceedings of the 7th ICFDM2006 International Conference on Frontiers of Design and Manufacturing, June 19-22,2006,Guangzhou,China, Pages 41-44.
- [5] NI Yanghua,WANG Chongwei. Manage of digital signals- theory and realization[M].Shang hai: Shanghai Jiao Tong University Press, 1998.45~50,77~78. (Ch).  
倪养华,王重玮.数字信号处理—原理与实现[M].上海:上海交通大学出版社, 1998.45~50,77~78.