

基于 PFC 和 GPRS 的远程自动抄表系统设计

Design of the Remote Automatic Meter Reading System Based on PFC and GPRS

陈晓娟¹ 李松寒¹ 隋吉生²

(东北电力大学信息工程学院¹,吉林 吉林 132012;吉林省电力有限公司²,吉林 长春 130021)

摘要: 针对我国电网环境复杂、现有抄表系统运行效果不理想等问题,设计了一种基于工频通信(PFC)和 GPRS 技术的远程自动抄表系统,并给出了集中器和采集器的硬件设计方案。该抄表系统不仅能够保证数据稳定、可靠地传输,而且能够实现对用电装置的实时跟踪监测。为了有效地抑制电力谐波的干扰,采用小波和联合近似对角化(JADE)相结合的方法来实现通信信号的检测。运用 Matlab 对该方法进行仿真,结果验证了该方法的有效性。

关键词: 工频通信 GPRS 技术 小波变换 采集器 滤波器

中图分类号: TM93;TN913+.6 **文献标志码:** A

Abstract: Aiming at the problems of the complicity of domestic grid environment and unsatisfactory operation of currently existing meter reading systems, the remote automatic meter reading system based on power frequency communication (PFC) and GPRS is designed; and the hardware design schemes of the concentrator and collector are given. The meter reading system ensures stable and reliable data transmission, as well as achieves real-time tracking and monitoring for electricity installations. In order to effectively inhibit power harmonic interferences, the method of combining wavelet and jointly approximate diagonalization of Eigen-matrices (JADE) is used to detect communication signals. The validity of this method is simulated by Matlab with excellent result.

Keywords: Power frequency communication (PFC) GPRS technology Wavelet transform Collector Wave filter

0 引言

为了提升电力营销市场的快速响应水平、提高客户服务的质量,应逐步建立适应市场变化、快速反映客户需求的电力营销体系。全面构建低压电力用户集中抄表系统,实现电力用户用电信息自动采集,也是智能电网建设的重要组成部分。

远程集中自动抄表系统(automatic meter reading system, AMRS)实现的关键在于所采用的通信技术。目前,该系统采用的通信方式主要有红外通信、专线 485 通信和电力线载波通信^[1]三种。红外通信方式传输距离短且容易受建筑物阻挡;专线 485 通信方式须考虑架设专用通信线,使得施工量大、综合成本高;而普通电力载波通信方式对配电线路质量要求较高,配网线路的衰减和各种复杂随机的干扰源都将直接影响通信的可靠性,使得普通电力载波通信在集中抄表系统中难以大面积推广应用。为了提高自动抄表的工作效率,急需设计一种新的自动抄表方式。

吉林省自然科学基金资助项目(编号:20101519)。

修改稿收到日期:2011-11-01。

第一作者陈晓娟(1970-),女,2006年毕业于吉林大学通信与信息系统专业,获博士学位,教授;主要从事模拟电路故障诊断及电力线通信方面的研究。

本文在充分研究现有国内外自动抄表方案的基础上^[2-3],结合我国电网的实际情况,设计了一种基于工频通信^[4](power frequency communication, PFC)技术和 GPRS 技术的远程自动抄表系统。此外,为了提高通信的可靠性,将小波消噪与联合近似对角化(jointly approximate diagonalization of Eigen-matrices, JADE)相结合的算法应用到信号检测过程中,并通过仿真分析验证了算法的可行性。

1 系统构成及工作原理

1.1 系统构成

抄表系统采用分布式体系结构。分布式体系结构分为上下2层。上层(管理中心与 GPRS 集中器之间)采用 GPRS 无线网络和 Internet 采集数据。GPRS 是目前较好的无线传输方式,它在现有 GSM 网络的基础上加入分组交换功能,支持 TCP/IP 协议,可以与分组数据网(Internet 等)直接互通,大大提高了数据传输速率和传输量。下层(GPRS 集中器与采集器之间)采用工频通信 PFC 采集数据。PFC 采用过零调制方式,具有无泄漏旁路、衰减小、无需增加中继环节、可直接跨台区进行通信、成本低、通信可靠等特点。

系统主要由集中器和采集器两大部分组成,其组成框图如图 1 所示。

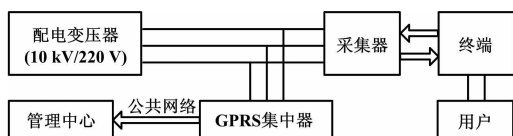


图1 系统结构图

Fig.1 The system structure

集中器和采集器分别介绍如下。

① 集中器

GPRS 集中器安装于配电变压所内,主要由集中器与 GPRS 无线传输模块组成。集中器负责同一台变压器下所有数据的采集、处理和上传,并可以按供电局数据采集服务器的命令执行数据抄收功能。此外,集中器还可以采集变压器的实时信息,并通过与采集终端通信以获取用户电量信息。

② 采集器

采集器位于配电变压器的低压侧,命令的接收和信息的发送都是在配电变压器低压回路上实现的,无需任何载波系统的耦合、转接或中继等设备。将电表脉冲的输出端接入采集器,通过记录脉冲个数来实现电量的采集。

1.2 工作原理

自动抄表系统的原理与载波抄表系统的原理相似。两者的不同之处在于,本抄表系统采用 PFC 将采集到的数据传送到配电变电所内的 GPRS 集中器,然后通过 GPRS 无线网络接入到 Internet。该数据通过供电局的对外宽带网络进入 GPRS 通信服务器、数据服务器(与营销系统接口),用户通过各供电分局的客户端可以访问数据采集数据^[5]。

2 硬件设计

2.1 采集器的硬件设计

本抄表系统的采集器基于与 51 单片机指令兼容、运行速度快并且数据处理能力强的高速微处理器 PL3105 设计。PL3105 是专为面向未来的开放式自动抄表、智能家电以及远程监控系统而设计的单芯片处理器。该采集器的硬件结构如图 2 所示。

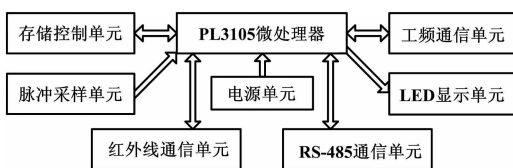


图2 采集器硬件结构框图

Fig.2 Hardware structure of the collector

通过 RS-485 串行通信口,可利用外设对系统进行

初始化设置和数据抄录。同时,PL3105 还具备红外或其他方式的通信功能,以便在采集器与外界联系中断时,采用半自动的方式进行抄表。

2.2 集中器的硬件设计

在整个系统中,集中器处于信息传递通路的中间位置,它通过上行信道与相关的管理中心通信,接收相关发送指令,并向管理中心传送相关数据。同时,集中器又通过工频通信的方式将管理中心的指令传送给采集器。其主要功能具体介绍如下。

① 负责双向工频通信协议与 GPRS 通信协议之间的转换;

② 负责数据的存储、转发;

③ 对用户透明连接;

④ 通信过程使用密钥校验。

鉴于以上所要实现的功能,本文所设计的集中器采用 16/32 位 RISC 的 S3C2440 作为微处理器。该微处理器的内核采用 ARM920T。其低功耗、全静态的设计特别适合于对成本和功率敏感的抄表系统。

集中器硬件框图如图 3 所示。

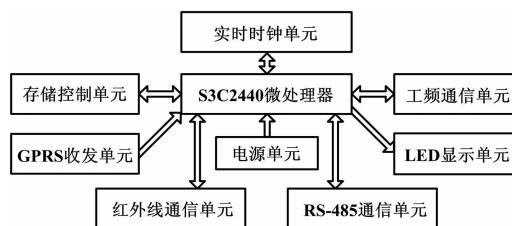


图3 集中器硬件结构框图

Fig.3 Hardware structure of the concentrator

3 信号检测

信号检测的实质就是检测信号的有无,而对调制信号本身的大小和形状并无过多要求。传统检测方法多利用数字差分技术来识别信号。该方法不能保证前后 2 个周期对应采样点的角度完全一致,准确性差。小波变换的方法不能有效抑制谐波的干扰,通常需加入陷波滤波器去除谐波干扰,但是陷波滤波器在低频段的系数敏感度高,使得滤波效果不理想,且会对有用信号成分造成一定的破坏。为了提高远程抄表系统的通信可靠性,必须提出一种新的信号检测方法^[6-7]。

本文以上行通信信号(采集器到集中器之间的通信信号)的检测为例,采用小波与 JADE 相结合的算法来实现信号的检测。

3.1 小波与 JADE 相结合的检测算法

本算法先用小波对待处理的信号进行去噪处理,

再运用 JADE 算法实现对工频通信信号的检测^[8-9]。其具体实现步骤如下。

- ① 对待处理的信号进行小波去噪预处理;
- ② 对预处理后的信号进行白化处理,求得白化矩阵;
- ③ 计算球化矩阵 W 的四阶累积量。
- ④ 通过优化,联合对角化球化矩阵 W 的 4 阶累积量,得到矩阵 U 。

⑤ 得到混合矩阵 \tilde{A} 和估计的源信号 $\tilde{S}(t)$ 。其中 $\tilde{A} = W^T U$, $\tilde{S}(t) = U^T W x(t)$ 。

3.2 仿真及结果分析

本文在上行工频通信信号数据处理前,先利用参考文献[10]介绍的三相背景电流抵消方法,即采用加权求和法 $(I_A - I_B + \sqrt{3}I_C e^{j\frac{\pi}{6}})$,可消除绝大部分基波电流影响,同时使信号强度增加。背景电流抵消结果如图 4 所示。

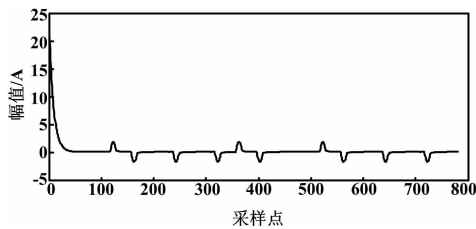


图 4 背景电流抵消结果

Fig. 4 The offset result for background current

含有噪声的观测信号如图 5 所示。

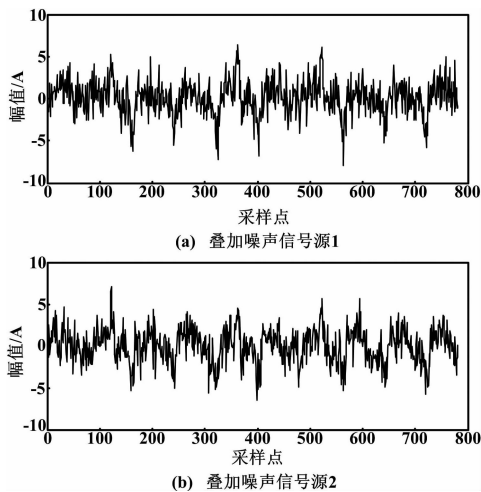


图 5 含有噪声的观测信号

Fig. 5 The observation signals with noise

经过三相电流加权求和之后的信号,与上行调制电流信号形状相同但幅度稍有不同。因此,将此两路信号作为待观测的信号。为了更好地模拟实际电网的

噪声情况,在上述两路信号中加入随机白噪声和奇次谐波。叠加后的信号频谱如图 6 所示

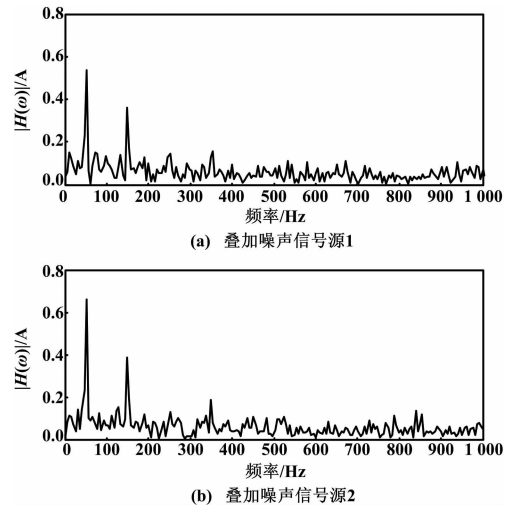


图 6 含有噪声观测信号的频谱

Fig. 6 The frequency spectrums of observation signals with noise

小波消噪预处理采用 db3 小波对含噪信号进行 4 层分解。首先采用软阈值的方法对相应的小波分解系数进行处理;再对阈值处理后的小波系数进行重构,得到恢复原始信号的估计;然后运用 JADE 算法对估计值进行分离,其结果如图 7 所示。

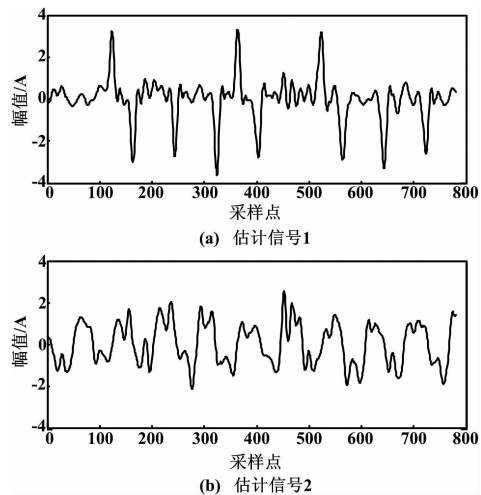


图 7 JADE 处理结果

Fig. 7 Results by using JADE method

由图 7 可以看出,基于小波与 JADE 相结合的检测算法不仅能够有效地去除谐波干扰,而且能够有效地从含噪信号中提取上行信号的特征,便于信号的识别。

4 结束语

在总结现有抄表技术的基础上,结合我国的电网
(下转第 55 页)