

基于GPRS通信的计量终端谐波电能数据采集方法

刘沙 郭瑞 穆羨瑛*

国网乌鲁木齐供电公司

摘要: 由于传统的谐波电能监测方法存在数据传输速度慢、易受干扰等问题,无法满足现代电力系统的需求。因此,本文提出基于GPRS通信的计量终端谐波电能数据采集方法。先搭建一个GPRS无线采集网络结构,并在结构中搭载GPRS远程谐波电能数据采集通信程序,完成电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率等谐波电能数据的实时采集。实验结果表明,设计方法采集的计量终端谐波电能数据相对误差仅0.63%,满足谐波电能高精度计量需求。

关键词: GPRS通信; 计量终端; 谐波电能数据; 电能数据采集

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.10.201

引言

随着电力电子技术的快速发展,非线性负荷在电力系统中的应用越来越广泛,这导致了谐波污染问题日益严重。谐波电能数据是监测电力系统谐波污染的重要依据,因此,实时、准确地获取这些数据具有重要的意义。传统的电能监测方法主要采用人工抄表和本地监测方式,但这些方法存在数据传输速度慢、易受干扰等问题,无法满足现代电力系统的需求。因此,研究一种新型的谐波电能数据采集方法势在必行。近年来国内外学者们对终端电能数据采集方法进行了广泛研究,文献[1]作者唐秋杭等人利用载波技术进行电力数据的采集和传输,以解决衰减或谐波等干扰造成数据采集成功率较低的问题;文献[2]作者胡畔等人先采用STM32系列芯片采集终端电力数据数字信号,再通过离散域采样数据模型将数字信号转换为具体数值,从而完成电力移动终端数据的高精度、实时性采集。虽然众多学者针对终端电能数据采集方法取得一定研究成果,但现有方法在远程谐波电能数据传输方面还存在一定限制,无法实现高速、实时的数据传输。因此,本文提出了一种基于GPRS通信的计量终端谐波电能数据采集方法,希望可以克服传统方法的不足之处,提高谐波电能数据采集的准确性和稳定性。

一、搭建GPRS无线采集网络结构

在信息化社会中,无线通信技术扮演着核心角色,尤其在数据采集领域,GPRS技术展现出其独特的优势。作为一种高效且稳定的无线通信技术,GPRS为远程、实时的数据采集提供了可能,因此本文引入GPRS通信技术设计一种计量终端谐波电能数据采集方法。GPRS,即通用分组无线服务技术,起源于GSM网络,并发展成为一种数据传输技术。相比于传统的GSM技术,GPRS具备高

数据传输速率、永远在线、按流量计费等显著优势^[3]。其高115kbps的传输速率能够满足各种高速、突发性的数据传输需求。由于其始终在线的特点,用户可以随时与网络保持连接,大大提高了数据采集的实时性。此外,按流量计费的方式使得用户只需为其实际使用的数据流量付费,从而降低了运营成本。那么,本文引入GPRS通信技术搭建的无线采集网络结构^[4]示意图如下图所示:

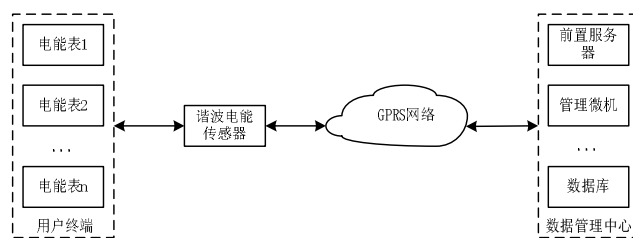


图1 GPRS无线采集网络结构

如图1所示,本文搭建的GPRS无线采集网络结构主要由传感器模块、GPRS网络模块以及数据管理中心服务器这三大部分组成。其中谐波电能传感器是整个无线采集网络结构的最前端,主要负责从终端用户电表获取原始谐波电能数据。在传感器获取了原始电能数据后,通过GPRS网络模块的通信信道,将数据打包、加密传输至数据中心,便于谐波分析与处理,所以GPRS网络模块是整个无线采集网络结构的核心部分。最后,数据管理中心服务器最为整个网络结构的基础,主要负责接收并存储来自各个传感器传输来的数据,所以其稳定性和安全性至关重要。综上所述,基于GPRS技术的无线采集网络结构在实时性、可靠性和经济性等方面具有显著优势,为本文后续设计的计量终端谐波电能数据采集方法提供有力支持。

二、确定计量终端谐波电能计量参数

准确采集计量终端谐波电能数据的关键在于确定计量终端谐波电能计量参数。在国家标准和电力行业标准中，谐波电能计量参数主要包括电压、电流有效值和有功、无功功率等基本数据。首先是电压有效值和电流有效值，有效值是指与交流电具有相同热效应的直流电数值，是计量谐波电能的基本参数。由于非正弦交流电的有效值与瞬时值不同，因此需要采用适当的计算方法来确定。常用的计算方法包括傅里叶分析法和波形系数法等。这些方法能够将电压和电流的瞬时值转换为有效值，从而进行准确的电能计量。本文主要采用了傅里叶变换分析的方法确定电压和电流有效值^[5]，表达式如下所示：

$$U' = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left[U + \sum_{i=1}^{\infty} \sqrt{2} U_i \sin(i\omega t + \phi_i) \right]^2 dt} \quad (1)$$

$$I' = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left[I + \sum_{i=1}^{\infty} \sqrt{2} I_i \sin(i\omega t + \phi_i) \right]^2 dt} \quad (2)$$

式中， U' 、 I' 分别表示计量终端的电压有效值和电流有效值； U 、 I 分别表示计量终端的电压直流量和电流直流量； T 表示采样周期； U_i 、 I_i 分别表示第*i*次谐波的电压有效值和电流有效值； ω 表示基波角频率； ϕ_i 、 ϕ_i 分别表示第*i*次谐波电压、电流的相位。然后是有功和无功功率等数据，有功功率是指消耗在电阻元件上的功率，而无功功率则是指与电感或电容元件交换的功率。在计量终端中，需要分别计算各次谐波的有功功率和无功功率，并在此基础上计算总的有功功率和无功功率^[6]，具体表达式如下所示：

$$P' = UI + \sum_{i=1}^{\infty} U_i I_i \cos(\phi_i - \phi_i) \quad (3)$$

$$Q' = \sum_{i=1}^{\infty} U_i I_i \sin \delta_i \quad (4)$$

式中， P' 、 Q' 分别表示计量终端的有功功率和无功功率； δ_i 表示第*i*次谐波的电压和电流相位差。综上所述，确定计量终端谐波电能计量参数是一个重要且逻辑严密的内容，为了实现准确采集谐波电能数据的目标，本文全面考虑了电压有效值、电流有效值、有功功率和无功功率等参数的计算方法，进而为终端谐波电能计量提供更加准确可靠的理论支撑。

三、基于GPRS通信的谐波电能数据采集

根据上述内容，分别搭建了GPRS无线采集网络结

构、确定了计量终端谐波电能计量参数，本章将设计一个基于GPRS通信的计量终端远程谐波电能数据采集通信程序，将其搭载在无线采集网络结构中，运行程序完成电压、电流有效值和有功、无功功率等谐波电能数据的实时采集^[7]。结合GRPS通信服务实现过程及其通信优势，本文基于GPRS通信设计的计量终端谐波电能数据远程采集通信程序如下图所示：

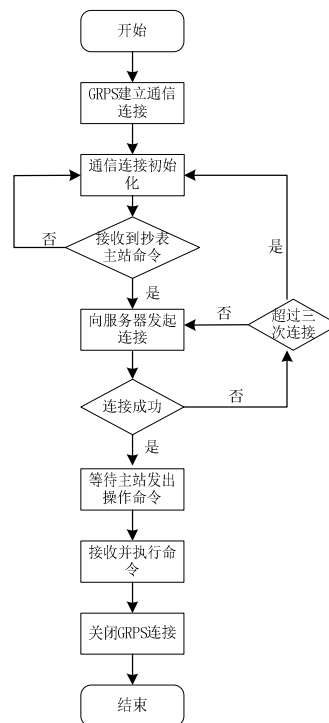


图2 GPRS远程谐波电能数据采集通信流程

如图2所示，为了确保计量终端谐波电能数据采集的准确性和实时性，本文利用GPRS通信技术在远程无线抄表主站和数据管理中心的上位机之间建立通信连接，简单来说就是通过在计量终端配置TCP/IP协议来进行网络互联，在谐波电能数据通信服务连接建立成功后，等待计量终端抄表主站发出的抄录命令，GPRS通信网络就会向服务器发动连接请求，对指令进行校验，检验成功后执行主站指令，可以通过GPRS无线数据业务实现计量终端谐波电能数据的集中抄读。综上所述，本文将图2所示GPRS远程谐波电能数据采集通信程序搭载在GPRS无线采集网络结构中，只需执行程序，即可高效可靠地完成计量终端的电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率等谐波电能数据从采集到传输的全过程。

四、仿真实验

前几章中通过搭建GPRS无线采集网络结构，实现了计量终端谐波电能数据的采集，本章将通过仿真实验来

进一步验证设计方法的有效性和正确性。首先,在某实验室内采用GPRS模块、谐波电能传感器、数据处理服务器等设备搭建一个测试平台,并在测试平台中布设一个可以产生不同特征的谐波电能数据的模拟电网。然后基于实验室内某单相用电设备进行谐波电能数据的采集测试,该单相用电设备是线性设备,其实际的谐波电能参数如下:电压有效值为220V、电流有效值为10A、有功功率为50W、无功功率为40W。最后,在该单相用电设备稳定运行过程中,分别采用本文设计方法、文献[1]中方法和文献[2]中方法进行谐波电能数据的采集,本次实验中每一种方法在同一时间内分别采集了4组谐波电能数据,取每组数据的平均值作为最终计量值,所得具体实验结果如下表所示:

表1 计量终端谐波电能数据采集结果对比

方法	组数	电压有效值/V	电流有效值/A	有功功率/W	无功功率/W
本文方法	1	221.74	9.97	50.43	40.28
	2	221.56	9.96	50.39	40.23
	3	221.38	9.95	50.37	40.25
	4	221.44	9.96	50.41	40.24
	平均值	221.53	9.96	50.40	40.25
	相对误差	0.70%	0.40%	0.80%	0.63%
文献[1]方法	1	223.92	9.82	50.69	40.44
	2	223.87	9.83	50.71	40.38
	3	223.68	9.84	50.72	40.37
	4	223.81	9.82	50.71	40.39
	平均值	223.82	9.83	50.71	40.40
	相对误差	1.74%	1.73%	1.42%	0.99%
文献[2]方法	1	224.37	9.77	50.53	40.52
	2	224.62	9.78	50.54	40.54
	3	224.51	9.79	50.55	40.53
	4	224.56	9.77	50.54	40.53
	平均值	224.52	9.78	50.54	40.53
	相对误差	2.05%	2.22%	1.08%	1.33%

从上表中数据可以看出,与文献[1]中方法和文献[2]中方法相比,采用本文设计方法进行计量终端谐波电能数据采集更加平稳,数据采集精度更高。本文设计方法下无论是电压有效值、电流有效值,还是有功功率、无功功率等谐波电能数据,其采集误差均在1%之内,满足电能计量预期要求,设计方法的平均相对误差仅0.63%,较对照组方法分别降低了0.84%、1.04%。这主要是因为对照组中方法在数据采集和传输过程中容易受到噪声和其他干扰的影响,导致数据的准确性和稳定性较差。相比之下,本文提出的方法采用了先进的GPRS

通信技术,有效地减少了噪声和干扰的影响,从而实现了更低的相对误差。因此,通过本次仿真实验的实际计量数据与真实数据的对比,可以证明本文设计方法的合理性和可靠性。

五、结束语

综上所述,本文提出了一种基于GPRS通信的计量终端谐波电能数据采集方法,在建立GPRS无线采集网络结构的基础上,设计基于GPRS通信的采集程序,完成计量终端的电压有效值、电流有效值、有功功率、无功功率等谐波电能数据的采集。与此同时,文中通过仿真实验对设计方法的准确性和可靠性进行验证。未来,随着通信技术的发展,本文期望进一步优化该方法,提高数据安全性,并应用于更多场景。同时,结合人工智能技术,实现更精准的谐波电能数据预测和分析,为智能电网的发展提供有力支持。

参考文献

- [1]唐秋杭,李涛,陈华东.基于载波通信的电力终端数据采集检测技术研究[J].电网与清洁能源,2022,38(03):74-79.
 - [2]胡畔,聂祺昕,刘晓强等.基于离散域采样数据模型的电力移动终端边缘节点数据采集系统设计[J].中国测试,2022,48(08):144-149.
 - [3]刘宇,胡上茂,刘刚等.基于LoRa和GPRS的山区输电线路监测信号无线传输方案[J].高压电器,2023,59(02):177-183+189.
 - [4]胡秀芳,王跃,吕双庆等.基于谐波状态空间的无线电能传输系统建模和稳定性分析[J].电力系统自动化,2022,46(11):121-130.
 - [5]梁飞,汪海燕,周睿等.在线用户电能数据采集-监控-稽查一体化系统研究[J].电子器件,2022,45(04):954-958.
 - [6]岳衡,张小飞,石莎.基于压缩感知平行因子分解的电力系统谐波与间谐波频率估计方法[J].数据采集与处理,2023,38(01):74-84.
 - [7]刘纯,周启涛,汪宏等.谐波影响下变电站电能分项计量误差测试方法[J].电网与清洁能源,2022,38(02):76-81+87.
- 作者简介:刘沙(1985.03.03-),男,汉族,本科,工程师,高级技师,主要研究方向:能源互联网建设,电能计量采集技术研究,电力营销管理等。