

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2105712

智能计量装置用电量计量误差监测系统设计*

张智轶 赵彬 梁波 韦家义 段文方

(中冶建工集团有限公司 重庆 400084)

摘要: 为提高智能计量装置用电量计量误差监测精度,设计基于数据采集回传的智能计量装置用电量计量误差监测系统。系统分为硬件设计与软件设计两部分。硬件部分由子站与主站两部分构成。主站子系统即主站误差监测机主要包括主站工作机、外围设备、其他信息设备3部分。子站终端由电量采集模块、CT切换模块及PT切换模块构成,主要功能为实现对一次设备的电量、电能表信息数据的采集。软件主要由通信网络与数据库组成。主站子系统和子站子系统通过通信网络实现数据采集回传时的数据信息交互,并在终端设备本地与计量中心分别设置数据库服务器。仿真实验结果表明,该系统性能指标符合电网电量计量规程要求,可替代人工现场监测设备,误差监测结果精准可靠,应用效果较好。

关键词: 数据采集回传;智能计量装置;用电量计量;误差监测;通信网络;数据库服务器

中图分类号: TN79 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.40

Design of measurement error monitoring system for intelligent metering device

Zhang Zhiyi Zhao Bin Liang Bo Wei Jiayi Duan Wenfang

(China Metallurgical Construction Engineering Group Co., Ltd., Chongqing 400084, China)

Abstract: In order to improve the accuracy of power consumption measurement error monitoring of intelligent metering device, a power consumption measurement error monitoring system of intelligent metering device based on data acquisition and return is designed. The system is divided into hardware design and software design. The hardware part consists of two parts; the sub station and the master station. The main station subsystem is the main station error monitoring machine, which mainly includes the main station working machine, peripheral equipment and other information equipment. The substation terminal is composed of power acquisition module, CT switching module and PT switching module. Its main function is to realize the collection of power and energy meter information data of primary equipment. The software is mainly composed of communication network and database. The main station subsystem and the sub station subsystem realize the data information interaction during the data collection and return through the communication network, and set up the database server in the local terminal equipment and the measurement center respectively. The simulation results show that the system performance indicators meet the requirements of power grid electricity metering regulations, can replace the manual field monitoring equipment, the error monitoring results are accurate and reliable, and the application effect is good.

Keywords: data acquisition and transmission; intelligent metering device; power consumption measurement; error monitoring; communication network; database server

0 引言

计量直接影响着发电、输配电和用户端的公平交易,而新能源的大量接入、非线性负荷及冲击性负荷的增加、电网谐波及动态性日趋复杂,导致计量准确度降低^[1-3]。为保障

智能计量装置用电量计量的精度,需实施状态误差监测,这也成为当下业界内各学者的研究重点。

文献[4]综合分析谐波信号和温度变化对电能表信号采样误差的影响,设计智能电能表计数器的测量误差与计数器的温度变化的精确数学计算系统,分析电路中存在高

收稿日期:2021-01-19

* 基金项目:重庆市技术创新与应用发展专项面上项目(cstc2019jscx-msxmX0078)资助

次谐波对测量信号采样误差的影响。文献[5]为了解决计量装置数字化带来的误差稳定性差的问题,设计了数字化计量装置整体误差与电子式互感器、数字化电能表单次误差同步测量系统,并对其进行了仿真验证。文献[6]提出基于一种融合模型的多维条件下现场校验仪计量误差监测系统。采用改进的 Stacking 方法,获得了反映多维环境对现场校验仪计量误差影响的融合模型,解决了复杂的现场环境对关口式电能表计量性能的影响。但是,以上传统系统在实际应用过程中均出现了监测精度不理想问题。

综合以上分析,本文研究一种基于数据采集回传的智能计量装置用电量计量误差监测系统,通过系统子站采集、运算、预处理各类设备信息数据后,对微观技术特性的智能计量装置用电量计量数据实施误差监测;对宏观技术特性的智能计量装置用电量计量实施定时或不定时查询、误差监测,由子站继续采集数据回传到主站实施分析处理,获得状态误差监测结果并记录。结果表明,该系统误差监测结果精准,在实际应用中效果理想,有效避免了人工现场误差监测的低效与耗费人力、物力等问题。

1 智能计量装置用电量计量误差监测系统设计

1.1 整体架构与功能设计

基于数据采集回传的智能计量装置用电量计量误差监测系统的硬件部分主要包括主站子系统(后台)、子站子系统两部分,其中主站子系统与子站子系统间通过通信网络实现相互联系。软件部分由通信网络以及数据库两部分组成。整体架构如图 1 所示。

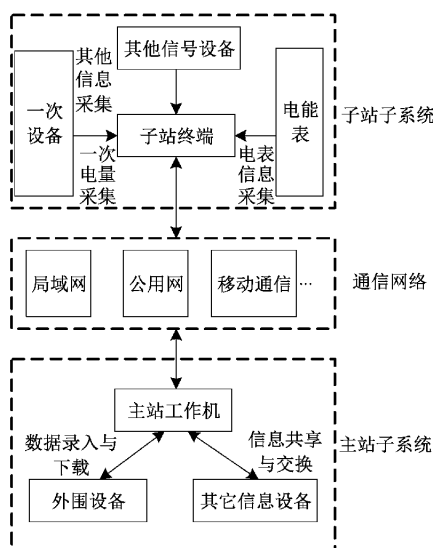


图 1 系统整体架构

由图 1 可知,本系统的主站子系统主要包括主站工作机、外围设备、其他信息设备 3 部分,其中主站工作机又称为主站误差监测机,主要任务为接收子站子系统所传输的信号与数据,并实施分析处理,完成电能表管理、负荷分析、

运行状态管理、终端管理以及异常状态识别与分析等。另外还能够与其他信息系统(如用电 MIS 等)共享与交换信息;外围设备主要有 USB 接口、打印机与备份硬盘等,主要负责人工录入数据与下载、打印图表及数据等工作^[7]。

子站终端为子站子系统的核心,主要功能为实现对一次设备的电量、电能表信息数据的采集,并且可采集其他信号设备所提供的图像与信号等,如摄像设备、红外设备与防窃电继电器等设备,同时运算、储存并预处理所采集数据。其中,子站终端采集一次电量的方法为:1)在计量回路内串接终端设备的电流与电压互感器,由计量互感器的二次侧实施数据采集;2)当终端设备自身拥有单独的电流与电压互感器时,可直接由一次设备实施电流与电压数据的采集^[8]。

主站子系统与子站子系统均可实时监测智能计量装置的误差,但二者的分工各有不同。其中主站可将大量的历史数据与信息存储下来,能够监测存在宏观技术特性的用电量计量误差,同时可记录、分析并转发子站发送的警告信息;子站能够储存的信息量较小,重点监测存在微观技术特性的用电量计量误差,可迅速对计量电流、电压及功率因数等的异常实施判断,同时发送警告信息到主站。两者之间为相辅相成的关系,能够为有关技术人员做出精准确度更高的判断,且提供有效帮助。

系统整体功能主要为远程在线误差监测、实时通信以及定时校验功能。远程在线误差监测功能能够实时接收所采集到的数据,通过转换与处理后,实时显示于误差监测终端的软件界面上;采集各个电能表的不同实时数据,校验电能表误差并进行及时报警,记录报警信息,对校验误差偏差的预估值予以运算;获取电能表谐波状况,对每条回路的二次压降状况予以测量;查询并统计历史数据;远程误差监测软件可依据所采集的不同类型数据,在系统的误差监测终端上绘制相应的历史数据分析趋势图,比如有功误差和无功误差预估值、电流负荷分析、有功误差和无功误差分析等趋势图。实时通信功能能够实时上传子站子系统内的各类数据到主站子系统中,为主站子系统实施统计分析提供依据,同时可实时发现电能表的误差变动,达到数据集中、共享的目的,可将不同终端设备的各个回路电能表的工作状态及时把控。定时校验功能可实现用户在系统远程误差监测终端上设定自动抄表校表的时间,并将对应的开启时间输入,当到达用户设定时间时即可自行依据设置的电能表实施对应的操作,无需用户看管。

1.2 系统硬件设计

1) 主站架构与功能

主站子系统运用开放式的模块体系,同时以分布式架构部署每个模块,具有较高的可扩展性。可单独对每个模块实行编辑与设计,便于调整与升级。主站子系统架构如图 2 所示。

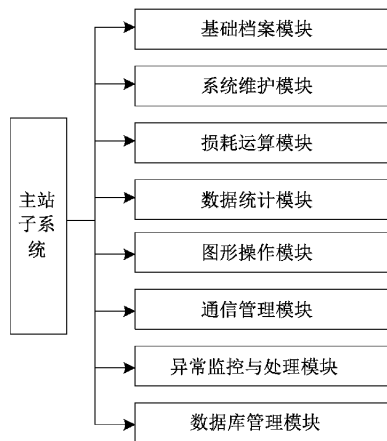


图2 主站子系统架构

在图2中,各模块功能分别为:

(1)基础档案模块是提供给用户用于管理终端信息与智能计量装置用电量计量信息的功能模块,主要内容有通信IP地址设置、终端档案管理及电表档案管理等。

(2)系统维护模块是提供给用户用在记录系统动态与维护系统安全的模块,其内容有系统日志与密码修改等,通过系统日志记录用户的操作事项,以此为依据系统管理员对系统实施安全分析。

(3)损耗运算模块负责电能损耗运算,主要内容有运算与统计变损率、线损率与母线不平衡率等,创建不同种类计量平衡组^[9]。

(4)数据统计模块负责运算与查询各类电量信息,其内容为日(月)功率、日功率因数及日(月、季度、年)电量的运算与查询。

(5)图形操作模块负责将图形化操作界面提供给主站子系统,通过此模块用户可直观地实现软件的功能操作。

(6)通信管理模块负责管理系统的通信,主要包括解析来自子站的信息(上行信息)与封装发往子站地信息(下行信息),令系统信息能够透明地在主站与子站之间传送^[10]。

(7)异常误差监测与处理模块负责误差监测智能计量装置用电量计量的异常状态,并对异常状态实施记录、管理及报警等处理,属于主站子系统中最重要的功能模块。

(8)数据库管理模块负责安全管理数据库与数据的访问控制,属于主站子系统与数据库间的接口。

主站子系统各模块为相互独立状态,但因各模块均共用同一个数据库,故各模块间的信息传输可采用访问数据库的方式实现。

2) 子站架构与功能

子站系统中的多通道多功能标准电能表由电量采集模块、CT切换模块及PT切换模块构成^[10],通过插卡方式安装各个功能模块,便于扩展。各模块描述如下:

(1)电量采集模块的功能包括:能够采集当下回路电流、电压、功率因数、相位、功率以及频率等不同电量信息数

据,能够同时输出有无功两种电能脉冲,或以切换的方式选取一种电能脉冲输出;能够对PT二次回路的压降实施在线检测;能够检测在线运行中电能表的电能误差,拥有3路待检表脉冲输入接口,能够同时检测3路脉冲,有效提升检测效率;能够对CT二次回路的负荷实行在线检测。

(2)PT切换模块能够完成4段母线PT的切换工作。

(3)CT切换模块能够同时安装6组18路采样CT,并能够切换采样CT二次回路,可确保CT不出现开路现象,同时最多能够级联4个CT切换单元。以三回路电流切换为例呈现CT切换模块,如图3所示。

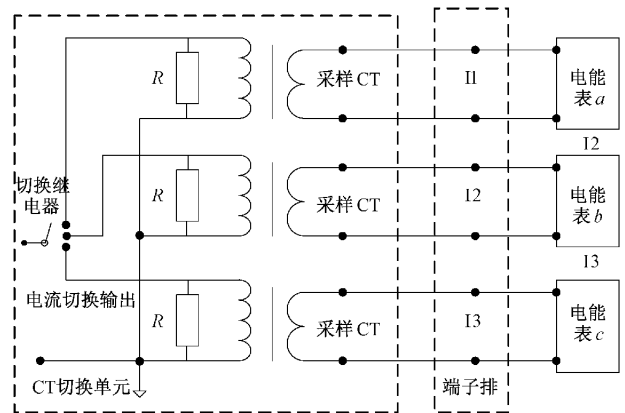


图3 CT切换模块

在CT切换模块各个组电流回路分别安装一个采样CT,通过系统端子排连接对应的待测电流回路,构成一个整体的回路,在应对第1回路电流实施检测时,CT切换模块由通道对继电器予以切换,向对应采样CT二次侧切换采样信号(电流切换输出信号),同时向电量采集模块输入采样信号并实施检测;不管怎样切换电流切换单元采样CT的二次侧,采样CT的一次侧均不会出现开路,能够有效防止因CT开路导致的安全隐患。CT切换模块作为多通道多功能标准电能表的一个组成部分,在电能表需送检时,可先将CT切换模块短接于状态误差监测系统端子排内的I1、I2与I3上,然后将电能表拆除,能够确保电流回路不会出现开路问题。

1.3 系统软件设计

1) 通信网络设计

通信网络主要包括单位局域网、公网及移动通信网络等,主要任务是实现主站子系统与子站子系统之间的数据信息交互,通信网络是数据采集回传的中间纽带^[11]。数据信息交互为双向的,具体表现在子站不仅能够被动接收主站发出的请求与任务,而且可自行判断是否存在异常状态。若存在异常时可主动将现场数据与警告信息发送给主站;主站能够以定时或者不定时两种方式查询与误差监测终端及电表,同时还能够以本地或子站的异常警告信息为依据,持续追踪与误差监测用户处的终端与电表。

主站子系统和子站子系统可通过通信网络实现数据采

集回传时的数据信息交互,其中通信网络包含多种通信方式,主要有电话网络通信、GSM 无线通信、以太网通信及 RSR232 串行通信等^[12-13],通信网络设计如图 4 所示。

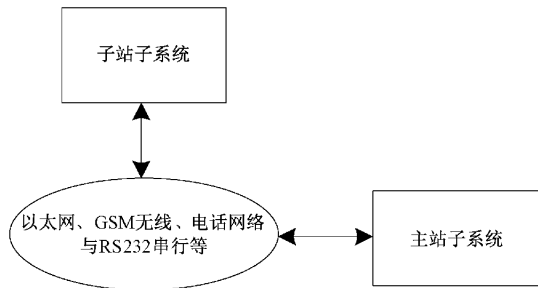


图 4 通信网络设计

2) 数据库管理模块设计

状态误差监测系统的数据库重点为校表测量数据与电能表抄表各类数据,按照终端设备本地与计量中心分别设置两级数据库,并在终端设备本地与计量中心分别设置数据库服务器,负责储存管理数据。在各个终端设备分别创建一个小型的数据库,用于储存本地数据,以此确保数据的记录不间断。数据库管理模块结构如图 5 所示。

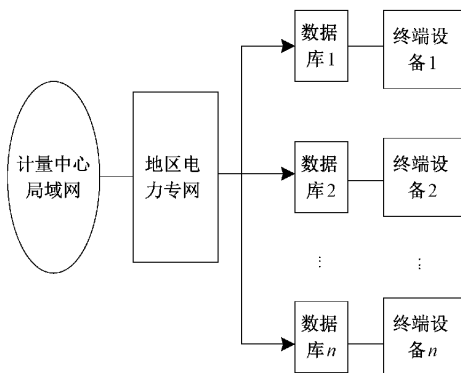


图 5 数据库管理模块结构

3) 用电量计量误差监测流程设计

基于异常误差监测与处理模块的功能,可划分为异常误差监测子模块与异常状态处理子模块。其中异常误差监测子模块负责误差监测临时调用到本地的或已存储于本地的、拥有宏观技术特性的信息,异常状态处理子模块负责对来自本地与终端的异常信息实施监听,同时实行记录、管理与报警处理^[14-15]。在此重点分析异常误差监测子模块,依据误差监测任务的开启条件,将异常误差监测子模块划分成 3 种工作模式,分别为定时误差监测工作模式、人工误差监测工作模式及终端报警工作模式,其程序流程如图 6 所示。

当此模块程序开始运行时,先实施中断检查,对当下是否存在中断报警、人工中断及定时中断予以检测,若存在即向对应的中断服务程序转入。

(1) 定时误差监测工作模式:在无终端报警时,程序同样会定时误差监测电表与每个终端,防止出现某异常状态

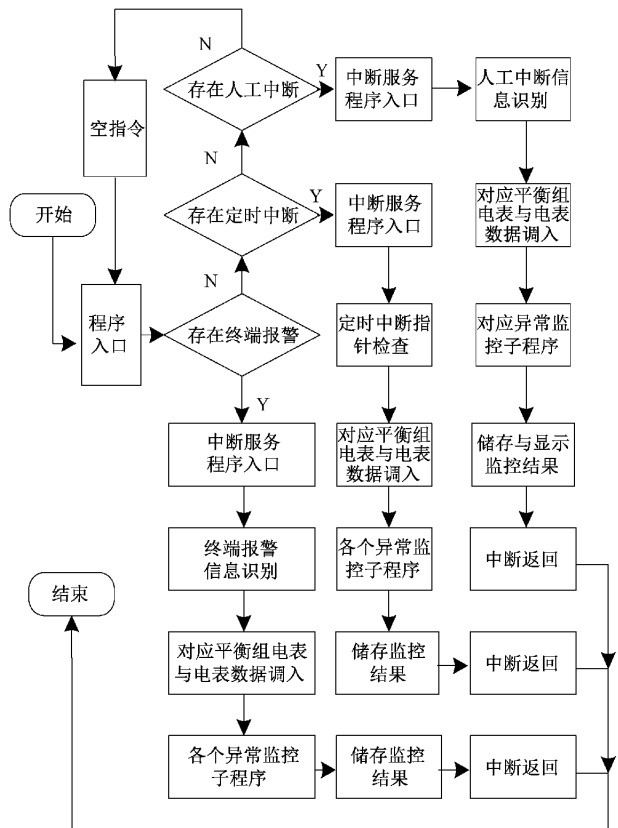


图 6 异常误差监测子模块程序流程

下终端无法实时报警的现象。此模式下,程序进入定时中断服务程序后,先实施定时中断指针数据检查,通过定时中断指针变量以时间的变化自动赋予特定值,当下需实施误差监测的电表与平衡组可用此特定值表示,程序通过对此变量值实施检查即可实现对工作对象的识别,将对应的电表与平衡组数据调入。此模式下不同异常误差监测子程序及误差监测结果的储存与终端报警模式基本相同,唯一的区别在于前者为固定的误差监测时间区间,后者可依据终端不同异常状态调整误差监测时间区间。

(2) 终端报警工作模式:进入此模式下中断服务程序后,程序先识别终端报警信息,对出现异常的装置予以校准,再将对应的平衡组与电表数据调入,实施宏观信息量异常误差监测工作。在运行完各个异常误差监测子程序后,向一个临时数据区内储存误差监测结果。若误差监测有异常发生,则开启报警中断并将异常记录填写到数据区内,异常记录包括误差监测时间、日期、异常类别、平衡组或电表名及异常值等;若误差监测无异常发生,即将特定字串填到数据区。

2 实验测试与结果分析

以某单位变电所为实验对象,采用本文系统误差监测此变电所内的智能计量装置用电量计量,通过本文系统误差监测所得结果与现场测试仪所得结果、以及现实状态记

录结果的对比,检验本文系统的性能与实际应用效果。

2.1 性能指标测试

采用现场对比方法检验本文系统性能,通过本文系统监测获得待测电能表误差,对比0.05级现场测试仪所测量

的待测电能表误差,通过对比结果验证本文系统设计的合理性。额定电流为10 A,预期精度为有功0.05级与无功0.2级,现场测试仪型号为LWS3800。由实验设计院中随机选取3个电能表作为待测表,各待测表参数如表1所示。

表1 各待测表参数

| 待测表序号 | 11305001183501 | 11305001183502 | 11305001183503 |
|-------|------------------|------------------|------------------|
| 型号 | DSSD765 | DSSD765 | DSSD765 |
| 线路名称 | 12617 | 12619 | 12623 |
| 测试类型 | 三相三线 | 三相三线 | 三相三线 |
| 规格 | 3×100 V 3×5 A | 3×100 V 3×5 A | 3×100 V 3×5 A |
| 精度 | 有功误差0.5 S,无功误差1级 | 有功误差0.5 S,无功误差1级 | 有功误差0.5 S,无功误差1级 |

本文系统监测所得待测表误差与现场测试仪测量所得待测表误差对比结果如表2所示。

表2 待测表误差对比结果

| 待测表序号 | 11305001183501 | 11305001183502 | 11305001183503 | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| 本文系统 所得结果 | 电流/A | 1.370 | 0.216 | 0.331 |
| | 电压/V | 103.2 | 108.2 | 108.3 |
| | 功率因数 | 0.98 | 0.96 | 0.86 |
| | 有功功率/W | 264.1 | 36.2 | 53.3 |
| | 无功功率/VAR | 29.8 | -9.8 | -29.3 |
| | 有功误差 | 0.019 | -0.025 | -0.016 |
| | 无功误差 | -0.177 | 0.274 | 0.063 |
| 现场测试仪 所得结果 | 电流/A | 1.380 | 0.231 | 0.318 |
| | 电压/V | 103.1 | 108.6 | 108.7 |
| | 功率因数 | 0.98 | 0.96 | 0.86 |
| | 有功功率/W | 264.1 | 36.2 | 53.3 |
| | 无功功率/VAR | 29.8 | -9.8 | -29.3 |
| | 有功误差 | 0.049 | -0.063 | -0.049 |
| | 无功误差 | -0.351 | 0.162 | -0.108 |

通过表2能够得出,本文系统监测所得的各待测表有功误差与现场测试仪测量所得的各待测表有功误差的绝对差均低于0.05%,无功误差的绝对差均低于0.2%,都符合预期精度,由此说明,本文系统的性能指标能够达到预期标准,符合计量规程需求,可代替人工检测所应用的现场测试仪等有关测试设备。

2.2 应用效果分析

采用本文系统跟踪误差监测实验各待测表的运行状态,对运行时的待测表出现的异常状态实施报警记录,将本文系统误差监测所得的报警记录与实验各待测表的现实状态记录实行对比,检验本文系统的实际应用效果。本文系统的误差监测报警记录与现实状态记录对比结果如图7所示。

分析图7可知,在系统信噪比设定为-3 dB的情况下,采用本文系统跟踪误差监测记录各待测表异常状态

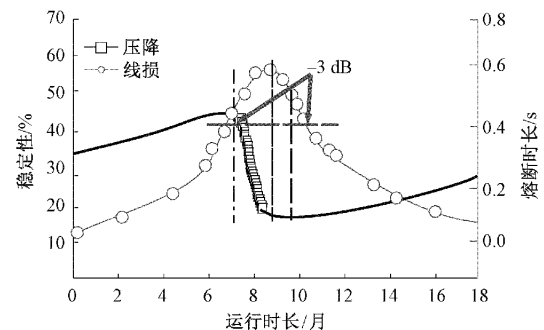


图7 误差监测报警记录与现实记录对比

与现实记录基本相同,其中3次压降超标记录的时间相差稍大。这是因为现实记录中所记录的为待测表压降超标相比所对应的电压互感器一次保险熔断时间,此时间发生在前,故时间记录稍有偏差。且随着运行时长的变化,其

熔断到时的线损也出现了先增加后下降的趋势。由此可见,本文系统能够实现对智能计量装置用电量计量的跟踪误差监测,并依据误差监测异常事项及时实施报警与记录,误差监测结果精准可靠,具有较高的实际应用效果。

3 结 论

本文研究一种基于数据采集回传的智能计量装置用电量计量误差监测系统,通过实验验证了本文系统具有较高的性能与实际应用效果,误差监测结果精准度高,可替代人工测试设备实行误差监测。能够达到智能计量装置用电量计量误差监测预期标准,符合计量规程需求,可代替人工检测所应用的现场测试仪等有关测试设备,有效改善传统的智能计量装置用电量计量误差监测大多依靠人工现场检测的方式,解决人工现场检测的误差监测方法所耗费的人力、物力及时间均较高的问题,实现对智能计量装置用电量计量的跟踪误差监测,并依据误差监测异常事项及时实施报警与记录,误差监测结果精准可靠,具有较高的实际应用效果。在未来的研究中,会继续针对本文系统替代人工测试设备实行误差监测在效率方面的提升展开实验验证,进一步检验本文系统的误差监测效率。

参考文献

- [1] 张莉,高岩,朱红波,等.考虑用电量不确定性的智能电网实时定价策略[J].电网技术,2019,43(10):181-190.
- [2] 韩海安,张竹,王晖南,等.基于主元分析的电容式电压互感器计量性能在线评估[J].电力自动化设备,2019,39(5):201-206.
- [3] 高利明,赵岩,徐二强,等.全时检验关口计量在线监测与远程故障诊断系统[J].电测与仪表,2020,736(11):120-125.
- [4] 罗群,刘春雨,王月明,等.计及谐波信号和温度变化的智能电能表计量误差分析方法[J].中国测试,2019,45(7):117-121,139.
- [5] 任伟,张振铎,梁潘,等.智能变电站数字化计量装置误差稳定性测试系统研究[J].电测与仪表,2018,55(19):54-61.
- [6] 张乐平,肖勇,陆煜铎,等.基于模型融合的多维条件下现场校验仪计量误差建模研究[J].仪表技术与传感器,2018,(11):162-166.
- [7] 邱伟,唐求,刘旭明,等.基于MBBS的电能计量设备故障率预估[J].仪器仪表学报,2019,40(1):43-51.
- [8] 韩昊,顾沐阳,杨道业.低钠光卤石颗粒两相流流量在线计量系统[J].电子器件,2019,42(6):1617-1620.
- [9] 徐宏伟,李鹏程,丛中笑,等.电场对CVT计量误差特性影响研究[J].电力电容器与无功补偿,2020,189(3):85-92.
- [10] 廖懿华,陈光黎.LTE综合测试仪计量自动测试系统设计与实现[J].国外电子测量技术,2020,39(11):21-27.
- [11] CHIRWA T G, ODHIAMBO N M. Electricity consumption and economic growth: New evidence from advanced, emerging and developing economies [J]. International Journal of Energy Sector Management, 2020, 14(1):1-19.
- [12] KUWAHARA H, HSU Y F, MATSUDA K, et al. Power consumption simulator of data center by using computational fluid dynamics and machine learning[J]. Ashrae Transactions, 2019, 125(1):116-123.
- [13] LIANG Y, HU Z, LI K. Power consumption model based on feature selection and deep learning in cloud computing scenarios[J]. IET Communications, 2020, 14(10):1610-1618.
- [14] XU H, HUANG H, CAI Y, et al. A 78.5 dB SNDR radiation- and metastability-tolerant two-step split SAR ADC operating up to 75 MS/s with 24.9 mW power consumption in 65 nm CMOS[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2019, 54(2):441-451.
- [15] 张江安,杨洪柏.用于电能计量芯片的无功功率计量方法[J].电子测量与仪器学报,2020,34(2):188-194.

作者简介

张智轶,硕士,工程师,主要研究方向为供配电技术、楼宇自动化和工业电气等。

E-mail:shaolang8416869@163.com

赵彬,本科,工程师,主要研究方向为供配电技术、建筑电气和工业电气等。

梁波,本科,助理工程师,主要研究方向为楼宇自动化和建筑 BIM 技术等。

韦家义,本科,工程师,主要研究方向为供配电技术和建筑电气等。

段文方,本科,工程师,主要研究方向为供配电技术和工业电气等。