

电能表状态检验功能建设

谢乐天 马亚彬 杨乐 周利华 任民 疏奇奇

(安徽省电力科学研究院 合肥 230000)

摘要: 随着智能电能表和用电信息采集技术的推广应用,电能表运行监测手段较之机械表有了质的飞跃,远程监测电能表运行状态已成为可能。通过与用电信息采集系统、营销业务应用系统、计量生产调度平台(MDS)等信息系统实现数据收集,将各个系统中针对 I、II、III 类计量装置数据进行有效整合,建立计量装置综合评价基础数据库,通过评价结果与现场检验策略相结合,就可以实现对电能表进行状态评价,从而指导现场检验工作。及时地对运行状态全面评价,提前识别运行不稳定的计量装置,做到防患于未然。

关键词: 状态检验; 状态评价; 动态运维

中图分类号: TM733 **文献标识码:** D **国家标准学科分类代码:** 470.4017

Construction for power meter condition inspection function

Xie Letian Ma Yabin Yang Le Zhou Lihua Ren Min Shu Qiqi

(Anhui Electric Power Research Institute, Hefei 230000, China)

Abstract: With the popularization and application of both intelligent watt-hour meter and electricity information acquisition technology, their running monitoring means are greater substantial leap than the traditional watt-hour meters, in order to make remote monitoring for the running state of the watt-hour meter possible. With the help of information system platform, such as electricity information acquisition system, marketing business application system and measuring production scheduling (MDS), data collection can be successfully achieved, integrating effectively with data for I, II, III type metering device, and establishing a comprehensive evaluation based on measuring device database. By combining the evaluation results with the on-site inspection strategy, the state of watt-hour meter can be realized to judge, so as to guide the work inspection, and get the running state comprehensive evaluation in time. Identifying the fluctuation of metering device in advance, nipping in the bud is just around the corner.

Keywords: state inspection; state evaluation; dynamic operations

0 引言

按照“统一标准、统一设计、统一平台、统一实施”的原则,在电能表状态检验系统(以下简称“状态检验系统”)标准化设计基础上,研发、部署状态检验系统^[1-2]。目前,公司营销专业的用电信息采集系统、计量生产调度平台应用系统均部署了电能表运行监测相关的功能模块。但是存在诸多问题,现场检验技术监督手段单一、现场检验工作负担过重、计量装置检修模式有待改进等^[3-6]。目前针对电能表等计量装置技术监督管理主要是按照 DL/T448-2000《电能计量装置技术管理规程》来开展相关工作,定期地对计量装置进行定期检验和周期轮换以及抽检等手段来保证设备的可靠运行。电能计量工作是电力生产的重要环节,是电力企业重要的技术经济考核指标之一,它直接关系到电力企业

的社会效益和经济效益,也关系到各发、供、用电单位效益的合理分配。随着电力市场发展、深化,电能计量已成为电力市场各利益主体方和社会关注的焦点,建立科学规范、集约高效的电能计量管理模式是顺应电网发展,保证电能计量准确可靠的必然趋势^[7]。电能计量装置记录的电能作为技术经济指标统计、核算的基础数据,是保证电力市场能否正常运行的关键,因此对电能计量装置的准确性、可靠性提出要求,必须满足电力行业电能计量技术规程规定。

用电信息采集系统可实现电能表计量电量、运行工况和事件记录等各类数据的采集监测。其中,在线监测与智能诊断模块可通过对采集数据、事件的比对分析和数据挖掘,对电能表的运行情况进行诊断和分析,及时发现电量、负荷等异常情况。目前,I、II、III 类大客户用电能表已基本实现了全采集、全覆盖^[8-9]。

计量生产调度平台(MDS)汇集了电能表供货前全性能、到货后样品比对、抽检、全检等各环节检定误差数据,各供应商中标批次、到货批次、退货批次信息及运行环节出现的故障情况。可从时间、区域等多个维度展开统计分析,为正确评价运行电能表状态提供基础数据支撑。目前,27个省级计量中心均建成并投运了计量生产调度平台^[10-11]。

营销业务应用系统包含客户服务与客户关系、电费管理、电能计量及信息采集、市场与需求侧等功能。涵盖了电力用户的档案信息、电能表现场运行误差信息、用户交费信息以及信誉评价信息等。目前,现有的营销计量业务方面的系统已实现了电能表的招标前、供货前、运行中以及退出的全过程监督管理,但在针对电能表运行状态评价方面一直没有涉及,现场检验工作一直困扰着计量中心,急需建设一套针对电能表状态检验和评价的系统,通过系统来提高现场检验工作的现代化水平和减少工作人员的负担及推动

省级计量生产调度平台

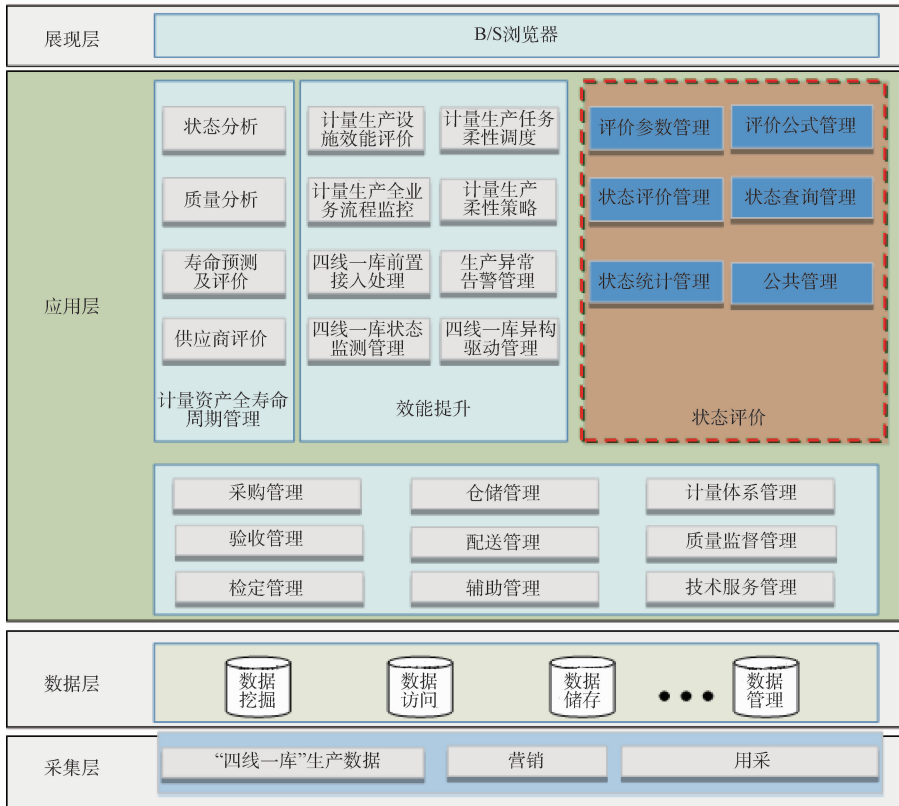


图 1 项目软件结构

1)表现层:提供统一的业务应用操作界面和信息展示窗口,是系统直接面向操作用户的部分。

2)应用层:实现具体业务逻辑,是生产调度平台核心层,根据系统的应用特点,业务层可分为状态评价、评价参数管理、统计分析及对外接口等。

3)数据层:实现海量信息的存储、访问、管理,为系统提供数据的管理支持。

营销计量的现场检验工作模式由计划检修向状态检修模式快速发展^[12-13]。

通过与用电信息采集系统、营销业务应用系统、计量生产调度平台(MDS)等信息系统实现数据收集,通过将各个系统中针对 I、II、III 类计量装置数据进行有效整合,从而实现计量装置的运行状态综合评价,为电能表现场检验工作提供相应决策依据^[14-15]。

1 电能表状态检验技术

1.1 软件结构

采用分布式多层结构,软件架构分为表现层、应用层、数据层、采集层。在原有 MDS 系统软件架构的基础上,在应用层增加电能表状态检验功能,主要包括评分算法管理、状态评价管理、接口管理、综合查询、统计分析等功能如图 1 所示。

4)采集层:通过接口或直接获取等方式从多个系统实现基础数据收集。

1.2 物理结构

基于 MDS 系统开发电能表状态检验功能,可充分利用 MDS 系统的建设部署模式,应用原有服务器、交换机等设备。数据集中存储在磁盘阵列上,通过磁盘阵列的 RAID 技术实现数据冗余保护。通过磁带、自动备份软件

实现数据的后备保护。利用原有接口服务器,实现与营销业务应用系统和用电信息采集系统的信息交互。由于状态评分的运算量比较大,可能会增加MDS系统的服务器压力,将增加2台状态评估计算服务器,主要应用于状态评分以及状态判定处理。

1.3 关键技术

实施该电能表状态检验包含如下关键技术。1)开发软件技术:UI展现技术,多维分析技术工具;2)多维分析技术:关系型联机分析处理,多维联机分析处理;3)数据转移技术;4)缓存技术;5)应用优化技术:Java堆优化,Java应用服务器优化。

2 电能表状态检验的建设方案

2.1 状态量获取

按照误差稳定性、运行可靠性和潜在缺陷等要素分类,结合成熟运行的用电信息采集、营销业务应用、计量生产调度平台等信息系统,选取可反映电能表运行准确可靠程度的10个状态量,其各状态量的选取原则如图2所示。

2.2 状态评价方法

以百分制对电能表状态进行表述。100分表示最佳状态,0分则表示最差状态。其他情形的状态评分介于0~100分。

电能表状态评分 G :

$$G = BTMF \tag{1}$$

式中: B 为基础评分, T 为检测评分, M 为监测评分, F 为

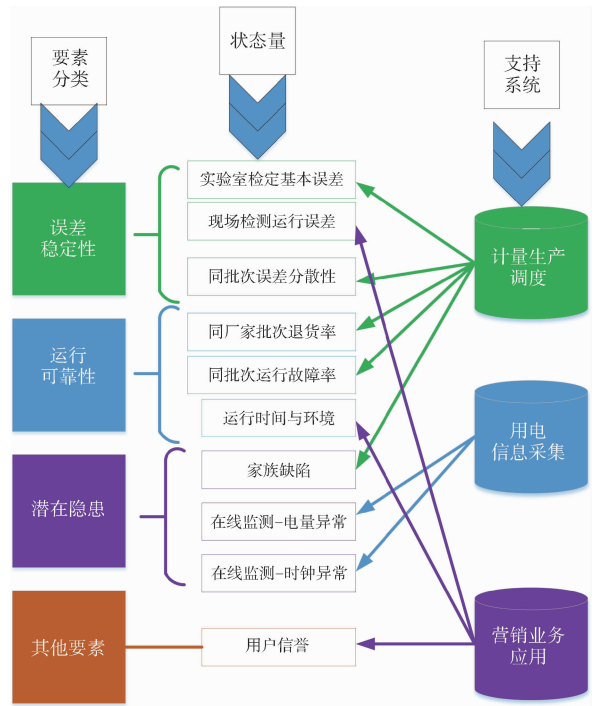


图2 电能表状态量选取原则

家族缺陷评分。

1)基础部分(B)

基础评分参考如表1所示,按式(2)进行计算。

$$B = \sum_{i=1}^6 B_i \tag{2}$$

表1 电能表基础评分参考

对象	状态量	评分方法
同制造厂供货电能表	批次退货率 S_4	$B_1 = A_{B1} \times (1 - S_4)$
同批次电能表	批次误差分散 S_3	$B_2 = A_{B2} \times \left(1 - \frac{S_3}{0.2 \times \text{误差限值}}\right)$
	批次运行故障率 S_5	$B_3 = A_{B3} \times (1 - S_5)$
被评分电能表	基本误差 S_1	$B_4 = A_{B4-1} \times \frac{(\text{误差限值} - S_1 - 1)}{\text{误差限值}} + A_{B4-2} \times \frac{(\text{误差限值} - S_1 - 2)}{\text{误差限值}}$ $+ A_{B4-3} \times \frac{(\text{误差限值} - S_1 - 3)}{\text{误差限值}} + A_{B4-4} \times \frac{(\text{误差限值} - S_1 - 4)}{\text{误差限值}}$
	运行时间与环境 S_6	$B_5 = 20 - 2.5 \times S_{6-1} \times S_{6-2}$ (最小为0)
用户	用户信誉 S_{10}	近一年内发生过窃电等破坏电能表的行为 $B_6 = 0$; 否则 $B_6 = A_{B6}$

$A_{B1}, A_{B2}, A_{B3}, A_{B4-1}, A_{B4-2}, A_{B4-3}, A_{B4-4}, A_{B6}$ 可配置,同时需保证 $A_{B1} + A_{B2} + A_{B3} + A_{B4-1} + A_{B4-2} + A_{B4-3} + A_{B4-4} + A_{B6} = 80$ 分,默认 $A_{B1} = 10, A_{B2} = 10, A_{B3} = 20, A_{B4-1} = 10, A_{B4-2} = 10, A_{B4-3} = 10, A_{B4-4} = 0, A_{B6} = 10$;由运行环境得出权重,默认权重如表2所示。

表2 电能表运行环境评分参考

运行环境	取值/%
室内有空调	100
室内无空调	120
户外	200

2)检测评分(T)

检测评分是现场检测电能表运行误差的评分值。评分介于 100%~0%,100%对应于运行误差远低于误差限值。检测评分参考如表 3 所示按式(3)进行计算。

表 3 电能表检测评分参考

对象	状态量	评分方法
被评分电能表	运行误差 S_2	$T_i = \frac{\min\left(\frac{ \text{误差限值} - S_2 }{\text{误差限值}}, A_T\right)}{A_T} \times 100\%$ $T_i < 0, \text{时 } T_i < 0;$

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \tag{3}$$

式中:n为选取最近n次检测评分。对于I类电能表,n=3;对于II类电能表,n=2;对于III类电能表,n=1。检测次数不足n次时,该项不进行评分,T=1。

3)检测评分(M)

监测评分是在线监测模块发现电能表运行异常的评分值。评分介于 100%~0%,100%对应于没有发生运行故障,监测评分参考如表 4 所示,按式(4)进行计算。

表 4 电能表监测评分参考

对象	状态量	评分方法
被评分电能表	在线监测电量异常数量 S_8	$M_1 = A_{M1}^{S_8} \times 100\%$
	在线监测时钟异常数量 S_9	$M_2 = A_{M2}^{S_9} \times 100\%$

A_{M1}, A_{M2} 可配置, A_{M1} 默认 95%, A_{M2} 默认 85%。

$$M = M_1 \times M_2 \tag{4}$$

4)家族缺陷评分(F)

有家族缺陷时,那些尚未发生家族缺陷的电能表,在隐患消除之前,其家族缺陷评分参考如表 5 所示按式(5)进行计算。

表 5 电能表家族缺陷评分参考

缺陷	S_7 取值
对电能表计量性能无大影响,突发恶化风险小	86%~100%
对电能表计量性能有一定影响,可监测	51%~85%
对电能表计量性能有一定影响,不可监测	16%~50%
对电能表计量性能有影响。	0~15%

$$F = 1 - \frac{1 - S_7}{\sqrt[n]{N}} \tag{5}$$

式中:N为家族电能表总数量,n为发生该家族缺陷的电能表数量($N > n \geq 1$)。

依据《国家电网公司电能表质量监督管理办法》对电能表家族缺陷进行判定和评估,由公司营销部统一发布缺陷评分。如果涉及家族缺陷的隐患已消除,就不再考虑其影响。

2.3 状态评价流程

以百分制对电能表状态进行表述。100分表示最佳状态,0分则表示最差状态。其他情形的状态评分介于0~100分。状态检验的整体评价流程如图3所示。MDS系统负责对电能表进行状态评价,将电能表检验策略通过接口传递给SG186营销业务应用系统,SG186营销业务应用系统负责根据电能表检验策略调整现场检验计划。

3 电能表状态检验的主要功能

电能表状态检验系统对电能表的运行状态实现状态评价,从而生成检验策略来指导现场检验工作。主要包括状态评分算法管理、状态评价管理、综合查询、统计分析、公共管理等功能模块。

3.1 状态评分算法管理

状态评分算法管理包括状态判定依据管理、检验策略管理、状态评分权重管理、评分参数管理。

1)状态判定依据管理

状态判定依据管理主要是对电能表运行状态的判定方法进行管理,通过此功能对电能表的运行状态(稳定、一般、注意)设置对应的评分标准以及相应审核功能。

2)检验策略管理

检验策略管理主要是对电能表评分完生成的检验策略进行管理,包括策略所对应的电能表状态、用户类型、以及策略规则等。本功能涉及策略的编制以及审核等。

3)状态评分权重管理

状态评分权重管理主要是对电能表评分所需要的状态量、公式进行配置、审核管理。通过此功能可以实现对评分方法的动态、灵活设置、调整相应权重分值等。

4)状态评分参数管理

状态评分参数管理主要是对电能表评分所需要的自定义参数进行灵活设置和管理等。评分参数信息如评价周期设置、安装环境配置等。

3.2 状态评价管理

状态评价管理主要实现自动根据公式对电能表进行评分和评价并输入检验策略。本功能包括状态评分管理、评价策略管理。

1)状态评分管理

状态评分管理主要实现按照设置的评分周期自动获取电能表评分周期内的所有需要参与运算的关键因素数据,然后根据状态评分算法管理功能设置的公式、权重进行自动评分。在评分时将记录每次评分所引用的原始数据和评分后的结果;针对有问题的数据将实现自动判断并进行过滤以及提示。

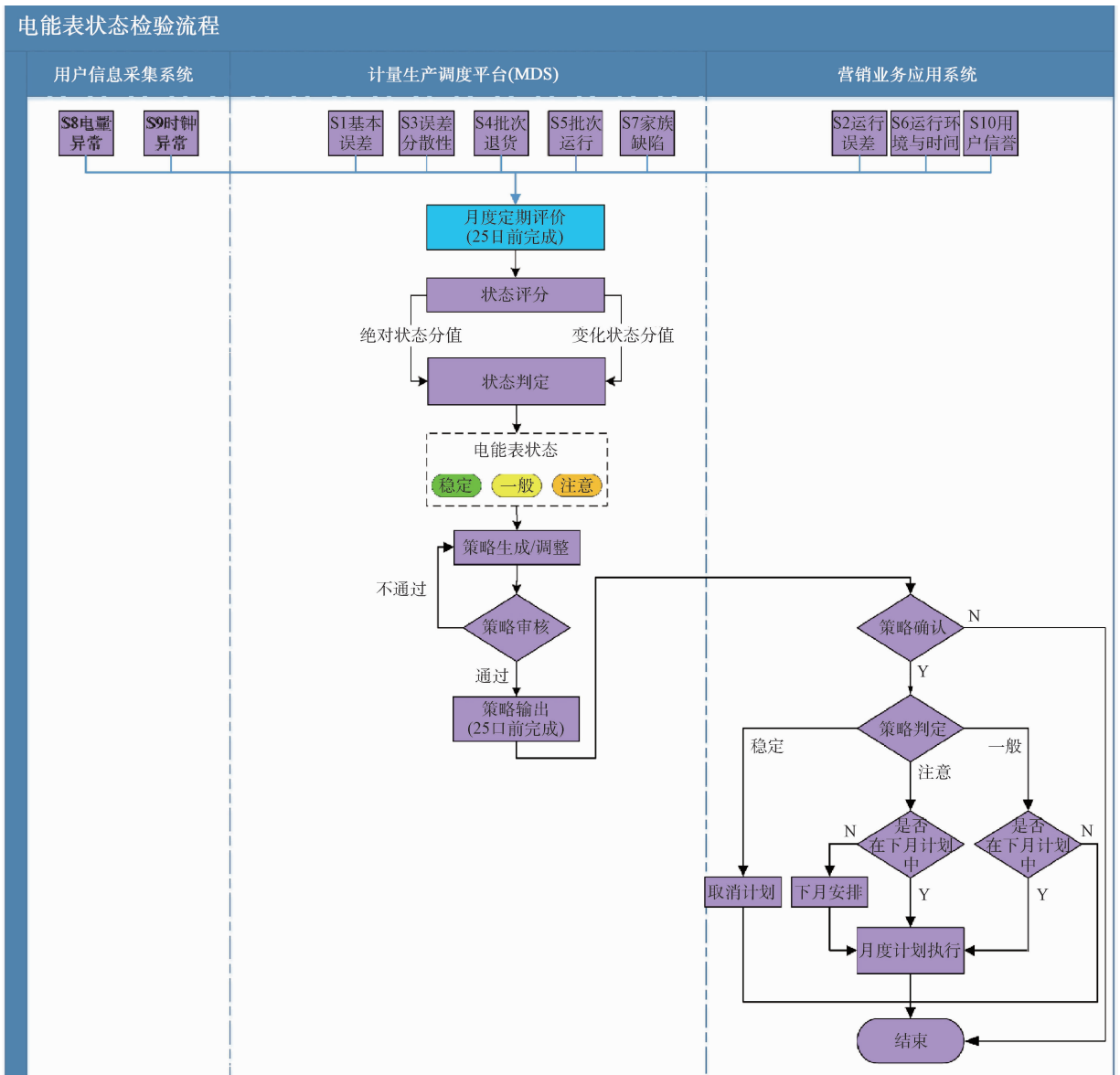


图3 电能表状态检验流程

2) 评价策略管理

评价策略管理主要实现按照状态判定依据管理功能所维护的规则对电能表进行状态判定,然后根据检验策略规则生成电能表的检验策略,经计量中心确认后推送到营销业务应用系统,由营销业务应用系统对月度检验计划进行调整。在检验策略审核确认时,可以根据检验情况进行策略调整,从而保证检验策略输出时具有一定权威性。

3.3 综合查询

综合查询功能根据不同的业务要求实现数据的查询和导出等。本功能主要包括现场检验计划查询、异常信息查询、评分查询、评价策略查询等功能。

1) 现场检验计划查询

现场检验计划查询功能主要实现查询从营销 SG186

同步过来的现场检验计划与电能表检验结果信息,可根据不同维度的查询条件进行综合筛选以及导出数据到电子表格中。

2) 异常信息查询

异常信息查询功能主要实现对参与状态评分时出现异常的电能表信息进行查询。包括数据为空、数据值不符合标准等。

3) 评分查询

评分查询功能主要实现按照时间段、单位、计量装置分类、用电类别、批次、厂家、条码号等条件查询电能表评分信息,可以查询出详细的评分分值以及各状态量的取值、公式、以及详细的评分过程等。

4) 评价策略查询

评价策略查询功能主要实现按照不同的查询条件,如时间段、单位、计量装置分类、用电类别、批次、厂家、条码号等进行数据过滤、查询出电能表的状态评价后策略信息,包括该电能表历次评价策略信息等。

3.4 统计分析

统计分析功能根据不同的业务要求实现数据的统计和导出、以及按不同的方式以图形化方式展现等。本功能主要包括异常信息统计、状态评分统计、评价策略统计等功能。

1) 异常信息统计

异常信息统计功能主要实现对电能表评分过程中出现的异常数据进行统计分析,可根据不同维度进行综合筛选。主要根据单位、计量装置分类、到货批次、生产厂家统计时间段内的数据异常数量以及展现明细信息等。

2) 状态评分统计

状态评分统计功能主要实现对电能表评分进行统计分析,可根据不同维度的进行综合筛选。主要根据单位、计量装置分类、到货批次、生产厂家统计时间段内的评分值的分布情况以及趋势情况。

3) 评价策略统计

状态评分统计功能主要实现对电能表评价策略进行统计分析,可根据不同维度进行综合筛选。主要根据单位、计量装置分类、到货批次、生产厂家、电能表等不同维度的统计电能表状态评价策略(稳定、注意、一般)相关信息,利用饼状图、柱状图方式展现策略的区间分布情况。

3.5 公共管理

公共管理功能实现对操作日志的记录和查询,接口数据的管理和分析以及其它系统支撑方面的功能。

4 结 论

本系统主要实现通过与用电信息采集系统、营销业务应用系统、计量生产调度平台(MDS)等信息系统实现数据收集,通过将各个系统中针对 I、II、III 类计量装置数据进行有效整合,从而实现计量装置的运行状态综合评价,为电能表现场检验工作提供相应决策依据。1) 建立计量装置综合评价基础数据库;2) 按照误差稳定性、运行可靠性和潜在缺陷等要素进行分类,研究影响计量装置运行状态的关键因素;3) 根据要求在各个试点单位完成项目建设和实施,并依托本项目建设的典型经验、成功案例、技术创新,制订出一套标准化、规范化、实用化的技术规范。

参考文献

- [1] 申莉,甘依依,孙国学,等. 数字化电能表校准技术研究及应用[J]. 电测与仪表,2014,51(24):89-95.
- [2] 严中毅,李凯. 测量仪器与现代微电子、计算机和软件技术的融合[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(5):631-637.

- [3] Research Reports International Inc. Advanced Metering Infrastructure [R]. Evergreen, Colorado: Research Reports International Inc, 2007:6-18.
- [4] 张晓东,郑磊,杨剑,等. 山东电网上网关口电能表状态检验分析[J]. 山东电力技术,2015,42(10):51-53.
- [5] 周峰,程瑛颖,肖冀,等. 融合安全域的电能表状态评估方法及应用[J]. 自动化与仪表,2016,31(7):29-33.
- [6] 沈鑫,曹敏,李仕林,等. 区域和省级计量中心电能表标准装置准确性远方检测及状态监测技术研究[J]. 电子器件,2016,39(4):968-977.
- [7] 余岳,栗梅,孙尧,等. V2M 系统分时电价博弈研究[J]. 仪器仪表学报,2016,37(1):200-206.
- [8] 吴宇,黄新迪,吴媚,等. 基于 DSP 的高速数据采集处理系统的研究[J]. 国外电子测量技术,2016,35(5):62-65.
- [9] 全艳红,李钦省,曹孔林. 用电信息采集系统应用现状及发展[J]. 城市建设理论研究:电子版,2016(6):1046-1046.
- [10] 黄瑞,陈福胜,申丽曼,等. 计量生产调度平台的设计与应用[J]. 湖南电力,2015(2):7-40.
- [11] 范志夫. 电力计量中心生产调度平台的设计与实现[J]. 江西电力,2013,37(2):41-43.
- [12] 吴永利. 电力营销业务应用系统的分析与设计[D]. 北京:华北电力大学,2011.
- [13] 贾欣,杨军,吴婷婷. 营销业务应用系统在用电检查工作中的应用研究[J]. 低碳世界,2016(16):59-60.
- [14] 林伟斌,陈垒,肖勇,等. 电能表现场校验技术研发应用现状及其发展趋势(下)[J]. 电测与仪表,2016,53(13):1-4.
- [15] 夏建生,赵进全,杨涛. 一种高精度的电能质量监测系统[J]. 电子测量技术,2016,39(1):134-141.

作者简介

谢乐天,1974 年出生,高级工程师,研究方向为电力计量技术和电力营销管理。

E-mail:hechaotgu@163.com

马亚彬,1980 年出生,高级工程师,研究方向为电力计量技术和电力营销管理。

杨乐,1981 年出生,技师,研究方向为电力计量技术和电力营销管理。

周利华,1979 年出生,工程师,研究方向为电力计量技术。

任民,1975 年出生,工程师,研究方向为电力系统和电力计量技术。

疏奇奇,1981 年出生,高级工程师,研究方向为电力计量技术和电力营销管理