

# 传统电能表与数字化电能表的对比分析

王文华, 傅晓平, 沈孝贤

(嘉兴电力局, 浙江 嘉兴 314000)

**摘要:** 为适应基于 IEC 61850 标准的数字化变电站的技术要求, 与之配套的数字化电能表应运而生。对数字化变电站新型的测量系统和数字化电能表的原理、功能进行分析, 通过对传统电能表和数字化电能表各项技术参数进行对比, 将会对数字化电能表有更深入的认识。

**关键词:** 数字化; 电能表; 功能; 参数; 比较

中图分类号: TM933.4

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2011)05-0015-04

## Comparison and Analysis of Traditional and Digital Watt-hour Meters

WANG Wen-hua, FU Xiao-ping, SHEN Xiao-xian

(Jiaxing Electric Power Bureau, Jiaxing Zhejiang 314000, China)

**Abstract:** To adapt to the technical requirements of IEC 61850 standards at digital substations, the matching digital watt-hour meters are developed. Through the analysis of the principles and functions of new measuring system and digital watt-hour meters at digital substations, the comparison of various technical parameters between traditional and digital watt-hour meters is carried out, which help people get to know digital watt-hour meters better.

**Key words:** digital; watt-hour meter; functions; parameters; comparison

电能表作为法定电能计量器具, 广泛应用于发电、供电和用电等各个环节, 技术上历经了机械式电能表、电子式电能表和电子式多功能电能表 3 个阶段, IEC 61850 标准的颁布实施产生了相配套的数字式电能计量系统和电能表。由于数字化电能表不同于传统的电能表, 显然, 国家和行业已颁布的各类电能表设计、制造、采购、验收和使用相关的标准和规范, 并不完全适用。

## 1 电能表误差形成的对比

### 1.1 传统电能表/电磁式互感器构成的测量系统及误差形成

传统测量系统由电磁式互感器、电能表通过电缆连接构成。

基本误差是判定电能表是否合格的重要依据, 电能表误差主要来自霍尔元件、分流电路、分压电路、TV 及 TA 等环节。且 A/D 前置放大和

A/D 变换器误差及漂移, 在不同的温度、不同负载和功率因数下其误差特性是非线性的。

TV 及 TA 准确度等级一般均为 0.2 级; 电能表准确度等级一般为 0.5 级以上, 加上线缆传输误差 0.1%, 则测量系统准确度至少为 0.7%。

### 1.2 数字化电能表/电子式互感器构成的测量系统及误差形成

数字测量系统由电子式互感器、合并器、数字化电能表和光纤构成。电能表不使用传统专用高精度计量芯片, 也不进行采样, 采样在互感器中完成。数字信号经光纤以太网传输, 不受电磁波干扰, 经过校验的数据无附加误差。电能表对互感器提供的数字化电压、电流信号进行处理。

理论上在电量计算的过程中不产生误差, 只可能产生的误差为浮点数运算时有效位误差, 为计算机系统固有误差。这种误差小于万分之一, 所以数字化电能表从原理上来说没有准确度等

级。但是由于目前数字电能表厂家编写的程序并不完善，因此在程序算法上依然有可能引入一定误差。

理论上测量系统的误差只由电子式电流、电压互感器决定。一般电子式电流、电压互感器均为 0.2 级，整个测量系统的准确度为 0.4%，优于传统的测量系统。

## 2 电能表工作原理的比较

### 2.1 传统电子式多功能电能表原理

传统电子式电能表通过高精度 TA 与 TV 进行电流电压信号取样，送入 DSP 高精度高速数据处理模块进行数据处理后，再输入专用的计量芯片集成处理系统，生成电压、电流、电能、需量等数据，最后通过电能表主 CPU 对各类数据实时保存和输出并通过液晶显示接口进行动态显示，通过 RS485 串口送往后台系统并接收后台发送的指令，根据有功和无功电能产生的脉冲输出用于检定，其工作流程如图 1 所示。

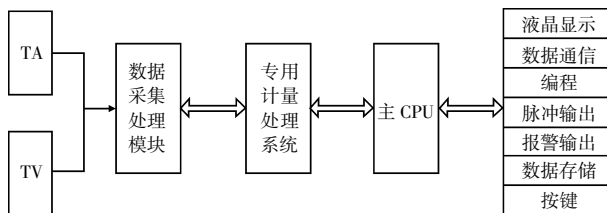


图 1 电子式电能表工作框图

### 2.2 数字化电能表

数字化电能表的电量输入采用数字接口，遵循 IEC 61850 标准，在物理层上采用高速光纤以太网，可以和电子式互感器实现真正意义上的无缝连接。底层操作系统大多采用嵌入式实时操作系统(RTOS)，利用 RTOS 良好的可靠性和卓越的实时性以及可裁减性，可以方便的实现电能表的各种功能。

数字化电能表工作框图见图 2。经过光纤以太网传入的数字电流电压信号，经表内 CPU 对信号进行实时运算和处理，处理后产生的各类数据实时保存和输出。

## 3 电能表输入特性的比较

### 3.1 工作电源和上电启动

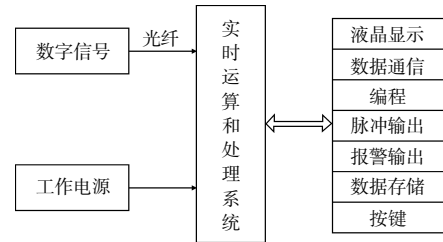


图 2 数字化电能表工作框图

传统电能表正常工作电压  $0.9U_n \sim 1.1U_n$ ，极限工作电压范围： $0.7U_n \sim 1.1U_n$ ，工作电源取自输入计量电压回路，平均功耗不大于 6 W，它是影响电能表计量准确性的一个重要因素。传统电能表运行和计量是实时的，没有开机启动的概念。

数字化电能表工作电源使用双冗余供电，独立于计量电压回路，消除了表计功耗对计量准确性的影响，电源供电有直流 24 V 或交流 110 V 与 220 V 可选，平均功耗不大于 3 W，最大功率不大于 5 W。由于系统结构原因，数字化电能表需要带文件系统为 MMS 接口的数据模型，其文件是逐个运行的，存在上电启动时间，理论上上电启动时间内不影响计量，只和电能表显示、通信有关。

### 3.2 输入方式

传统电能表输入的是电压、电流，接入的是普通单股铜线，接线方式复杂，易错接线或遭窃电。为减小二次压降需要将计量和测量回路分开，组成独立的二次计量回路。

数字化电能表输入的是从电子式互感器输出的数据包，具有传输数据快、抗干扰能力强、接线简洁等特点。由于输入的是数字信号，避免了导线的二次回路损耗对计量准确性的影响，无需再进行二次压降、二次负荷测量等测量精度修正试验。

### 3.3 基本电流

传统电能表特点是在不同大小的负载下，其误差特性并非线性，为了生产和使用的统一性，根据电流大小规定了不同的基本(标定)电流( $I_b$ )和最大电流( $I_{max}$ )值，常用规格有 1.5(6)A，5(20)A，10(40)A，20(80)A。

数字化电能表输入的是数字信号，电能表本身不采样，电能表计量准确性与负载的大小无关，因此没有标定电流和最大电流概念，也无需

根据电流大小划分不同的规格。

### 3.4 过载能力

传统电能表输入的是与一次电流大小成正比的二次电流,由于结构原因其误差特性为非线性,在电流特别大时,误差呈几何放大,因此有负载大小的限制,一般最大允许电流为额定工作流的4倍,如1.5(6)A与5(20)A。

数字化电能表由于无需输入电压电流,因此没有过载负荷限制。

### 3.5 互感器

传统电能表输入的电压电流来自电磁式TV与TA的二次侧,在计量时应计算变比,如10 000 V/100 V,500 A/5 A。

数字化电能表采用的是电子式电压、电流互感器,将一次电压、电流信号通过积分、A/D转换、光电转换,最后变成数字信号送入数字化电能表,因此没有变比概念,选购、安装、使用时不需要考虑变比和额定负荷与实际负载的匹配问题。

### 3.6 采样频率

传统电能表通过电能测量单元将输入的电压与电流变成与功率成一定比例的脉冲信号,送至分频和计数,其采样频率可达到4 000点/s以上,其采样精度直接决定电能表的准确度。

数字化电能表自身不采样,采样在电子式互感器内完成,采样频率范围一般为4 000~12 800点/s,能保证计量采样准确度。

## 4 电能表输出特性

### 4.1 启动和潜动

传统电能表的启动试验是判定电能表灵敏度的一个指标,即在规定的时间内通过一个额定小电流时至少要发出一个脉冲。

传统电能表在接有电压、无电流的情况下由于存在电压补偿回路等原因,会引起测量单元误差采样,这一现象称为潜动,机械式电能表由于电压补偿力矩的存在潜动更容易发生,因此潜动是传统电能表的一个重要检定项目。

数字化电能表电能表自身不采样,不存在最小启动电流的概念。由于自身不采样,同样也不存在潜动问题。

### 4.2 电能量和电能单位

经电磁式互感器接入的电能表计量的是二次电能,乘以倍率后为实际电能。即,二次电能 $\times$ 倍率=一次电能,倍率=电压互感器变比 $\times$ 电流互感器变比。其LCD显示位数一般有8~9位,其中小数点前有6~7位,小数点后有2位,由于存在倍率关系,因此显示位数在很长一段时间内不会溢出,单位是kW $\cdot$ h。

数字化电能表输入的是电子式互感器输出的等同于一次功率的信号,经过电能表对一次功率进行积分后输出的是一次电能。其LCD显示位数和传统电能表基本相同,如果同样采用kW $\cdot$ h为单位,位数则在短时间内就会溢出,因此普遍用的单位是MW $\cdot$ h。

### 4.3 电能表通信

传统电能表通常采用485通信,通信规约采用DL/T 645-2007《多功能表通信规约》或地方通信规约(如浙江规约),表地址一般采用出厂编号全号(局号数字部分)或后两位。

数字化电能表采用光纤通信和485通信2种通信方式,光纤通信需要设置IP地址,光纤口10M/100M/1000M自适应,接口类型可以是ST/SC/LC。

## 5 电能表管理规定及要求

### 5.1 安全认证

电能表作为电能结算的法定计量器具,如何防止人为非法修改电能表数据以达到窃电目的,是一个重要的课题,检定时利用电能表本身技术特点,在检定规程规定的每个基本误差点持续通过额定电流10 s以上,进行允许底度清零、需量清零等安全认证操作试验。

数字化电能表目前还没有设置安全认证功能,这也是今后数字化电能表需要改进的重要环节。

### 5.2 标准规范

国家和行业颁布了大量电能表标准与规范,对电能表的设计、制造、采购、验收和使用每一个环节都制定了详细的标准规范,有效地确保了电能计量的准确性和稳定性。

数字化电能表由于计量原理完全不同,不适用于这些传统的标准与规范,需要国家重新制定国家标准和规范。

### 5.3 检定方法

传统的机械式和电子式电能表,国家分别颁布有相应的检定规程,必须由法定计量检定机构或经授权的机构检定合格后,才能安装于电能计量点作为电量结算的法律依据。采用标准表法检定,标准表定期溯源确保准确性。

数字化电能表检定方法国家还没有颁布,根据电能表原理也可对其进行校验,可按照 IEC 61850-9-1 协议要求,通过某个标准(校验仪)输出标准的电流电压给数字电能表,在接收到数字电能表输出的脉冲后与标准(校验仪)计算出的电量进行比较,得到电能表误差。

## 6 结论和建议

综上所述,数字式电能表具有以下优势:

(1)没有相线区别,接入方式是光纤,克服了传统电能表错接线的问题,省去了铜导线,节约了资源。

(2)使用光纤后,避免了二次回路损耗带来的误差,电子式互感器避免了二次电压回路短路,电流回路开路引起的安全问题。

(3)理论上无计量误差,电源外接,电能表功耗不影响计量准确性。

(4)无启动、潜动概念,在小电流或无电流状态下不影响电能计量,也没有负荷过载限制。

数字化电能表解决了传统电能表很多固有的缺陷,在数据准确性和可靠性方面显示出优越性,但有一些新的问题:比如依赖外接工作电源,一旦失电,则停止计量;由于输入的是数字信号,信号线通信稳定性、交换机和接口质量、通信丢包等问题不可忽视。在电能计量专业方面,建议厂家在计量程序算法、安全认证、检定方法和通道监测上多加以研究,以保证数字化电能表能满足电力统计量要求。

### 参考文献:

- [1] 余恒洁.数字化变电站中电能计量装置的应用,云南电力技术[J].2008,36(5):64-65
- [2] 王鹏,杨志良,钟永泰,等.一种全数字化高压电能计量系统[J].电力系统自动化,2009,33(6):70-72.
- [3] 陶鹏,高惠青,葛洪健,等.数字化变电站贸易结算计量装置配置方案[J].河北电力技术,2008,27(6):18-19.
- [4] 董昕,王林,杨继勋.电能量采集及计费自动化系统设计[J].电力系统自动化,2000,24(7):55-57.

收稿日期:2010-06-17

作者简介:王文华(1969-),女,浙江仙居人,高级工程师,主要从事电力系统电能计量管理工作。

(本文编辑:杨 勇)

## 广 告 目 次

宁波天安(集团)股份有限公司.....(封面)	台州宏达电力建设有限公司
中国移动通信集团浙江有限公司.....(封2)	.....(彩6,彩7)
浙江群力电器有限公司.....(彩1)	浙江永达电力实业股份有限公司.....(彩8)
浙江电力变压器有限公司.....(彩2)	浙江电力科技信息网.....(彩9)
杭州欧徕数码科技有限公司.....(彩3)	杭州柯林电力设备有限公司.....(彩10)
浙江电力通讯调度自动化工程公司	杭州市电力设计院有限公司.....(封3)
.....(彩4,彩5)	杭州瑞琦信息技术有限公司.....(封底)