

电能计量装置介绍

王 毅

(郑州供电公司,河南 郑州 450006)

摘要: 电能计量装置是电力生产和经营的重要组成部分。介绍了电能计量装置的分类及实现方案;分析比较了各类电能表的结构和特点;介绍了未来电能表的计量技术方案及超级稳定 TDM 系列 0.5 级电能表的稳定性指标。

关键词: 电能计量; 电能计量 A/D 方案; 时分割乘法器

中图分类号: TM 933.4

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)11-0119-03

电能计量装置的准确与否,直接关系到供用电双方的经济利益。只有最大限度降低电能计量装置的综合误差,提高电能计量准确性,才能做到公正合理计费。

电能计量装置分为机械感应式和电子式 2 大类。

1 机械感应式电能表^[1]

机械感应式电能表基本原理是驱动力矩、止动力矩的“平衡→转动失衡→再平衡并恒速转动”过程。

机械感应式电能表工作原理如图 1 所示。

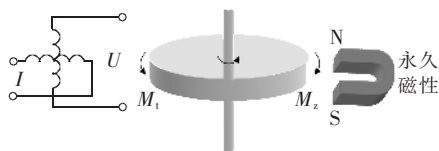


图1 机械感应式电能表原理图

Fig.1 Schematic diagram of mechanical induction watt-hour meter

驱动力矩:

$$M_1 = UI = UI \cos \varphi$$

止动力矩:

$$M_2 \propto r/\min$$

当电流 $I=0$ 或 $\cos \varphi=0$, 线圈组产生的驱动力矩 $M_1=0$; 此时电能表转盘不转动。由于止动力矩正比于转盘转速($r/\min$), 所以止动力矩 $M_2=0$, 电表也不会产生倒转。

当有电流后, M_1 驱动转盘转动; 止动力矩 M_2 也随转盘转速增加而加大, 最终 $M_1=M_2$, 电能表处于相对稳定的转速之中(在此忽略磨擦阻力、潜动等因素)。

由于驱动线圈的低频窄带电磁特性, 对于高频功率信号较难真实准确地转换成等比例的驱动力矩, 因此机械感应电能表的精度较低, 难以实现多功能, 并且对非线性负荷漏计。但机械感应式电能表也有电磁兼容性好、温度适应性广、使用寿命长、维护简便、价格低等优点。

2 电子式电能表^[1-4]

全电子电能表有简易型时分割乘法器(1.0 级)、A/D+MCU、A/D+DSP、霍尔效应乘法器(兰吉尔)、分立元件 TDM 时分割乘法器、集成电路 TDM 时分割乘法器等方案。

目前, 低端产品采用 A/D 方案(ZD), 高端产品则采用 TDM 时分割乘法器(ZU)。其原因是: A/D 方案由于精度较低、非线性负荷漏计等问题, 集中在低端 0.5 级、1.0 级电能表的应用; 而 TDM 时分割乘法器方案因精度高, 能有效计量非线性负荷, 则集中在高端 0.2 级、0.5 级电能表的应用。

2.1 时分割乘法器原理的电子电能表

当电压、电流 2 个正弦信号波形都有畸变, 即存在谐波功率时, 测试表明基于时分割乘法器制成的具备计量谐波功率功能的全电子式电能表测得的电能值与理论计算结果吻合得很好, 对谐波及非稳定电能能够进行实时连续的测量。时分割乘法器工作电路简洁、精炼, 测量数据可靠。

图 2 所示为 TDM 时分割乘法器原理图。在采用变频工作原理的用电器、开关工作原理的用电器等非线性、非正弦、非稳定负荷日益广泛应用的今天, 使用时分割乘法器电能表可以极其有效地降低电力公司的线损, 保障电费计量的公正、公平。

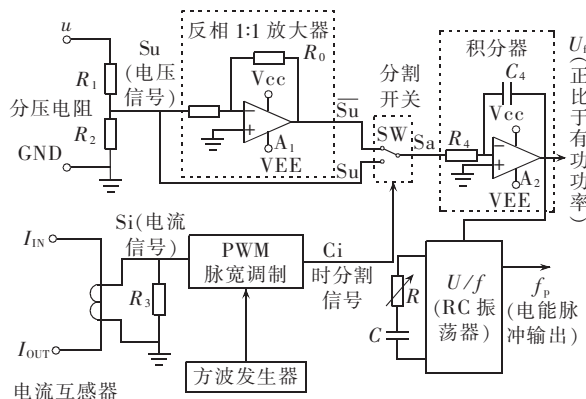


图2 TDM 时分割乘法器原理图

Fig.2 Schematic diagram of TDM time division multiplier

2.2 A/D 方案的全电子电能表

A/D 采样后经过 MCU 单片机进行软件运算,这种方案的电能表近年来出现较多。在满足市场对多功能的要求方面,A/D 方案具有巨大的制造优势和价格优势,但对于非周期、非稳定信号以及谐波较多场合,不能对有功电能进行准确的计量。

采用 A/D 采样原理的三相四线多功能电能表结构框图如图 3 所示(三相三线电能表没有图中标有 * 的部分,图 4 同)。

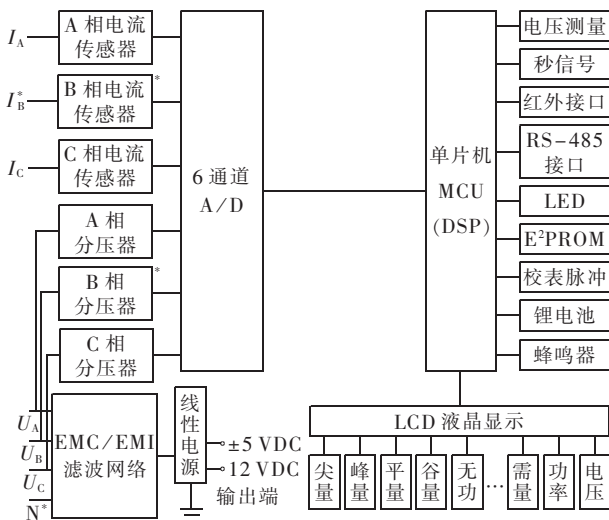


图 3 A/D 采样原理的电能表结构框图

Fig.3 Structure block diagram of watt-hour meter based on A/D sampling principle

采用 A/D 采样原理的电能表,具有实现多功能的成本低、产品开发周期短的优势;但存在不同厂家的产品不但硬件不相同,其性能由于软件人员的水平、理解不同而存在差异等问题。目前的 CMC 认证体系及国际、国内标准,不能够有效地对之进行测试。例

如 EMC/EMI 性能测试、软件运算及其多点软件系数修正校表。

由于实现多功能会占用 A/D 方案电能表 MCU 的硬件资源,因此功能越多,电能表对有功电能计量的性能就可能越差。

3 未来电能表计量技术方案

未来的电能表市场,低端的 A/D 方案可采用多个 A/D、MCU 或 DSP 的方式弥补其缺陷;而高端市场,如 0.2 级、0.5 级等,将主要以时分割乘法器,尤其是时分割乘法器(测有功电能)+A/D(测电压、电流等参数)的多功能电能表混合方案为最终理想的解决方案,其结构框图如图 4 所示。

时分割乘法器与 A/D 采样方案电能表的最显著区别在于:时分割乘法器是对电能量进行直接的、实时的测量;而 A/D 采样方案则是对电能量进行数字化离散、非实时的运算。这种“测出来”的数据与“计算出”的数据,在要求精度高的现场电能计量时,其数据真实性显然是不一样的。

在标准电能表领域,A/D 采样+软件运算方案的推广运用依赖于电流、电压源的稳定性。安装式电能表,由于工作在电压、电流随机变化的现场环境中,若采用 A/D 方案是无法真正达成高确定度计量的。目前,许多标准表厂家转向采用乘法器原理电路来生产手持式 0.2 级电能表现场校验仪充分证明了这一点。

在真实工况中,存在着几十项甚至上百项变化因素,它们都会影响电能表的计量精度,而电能表读数与真实电能值之间有可能存在的最大偏差就是电能表计量的最大不确定度。

表 1 所示为超级稳定 TDM 系列 0.5 级电能表稳定性指标^①。

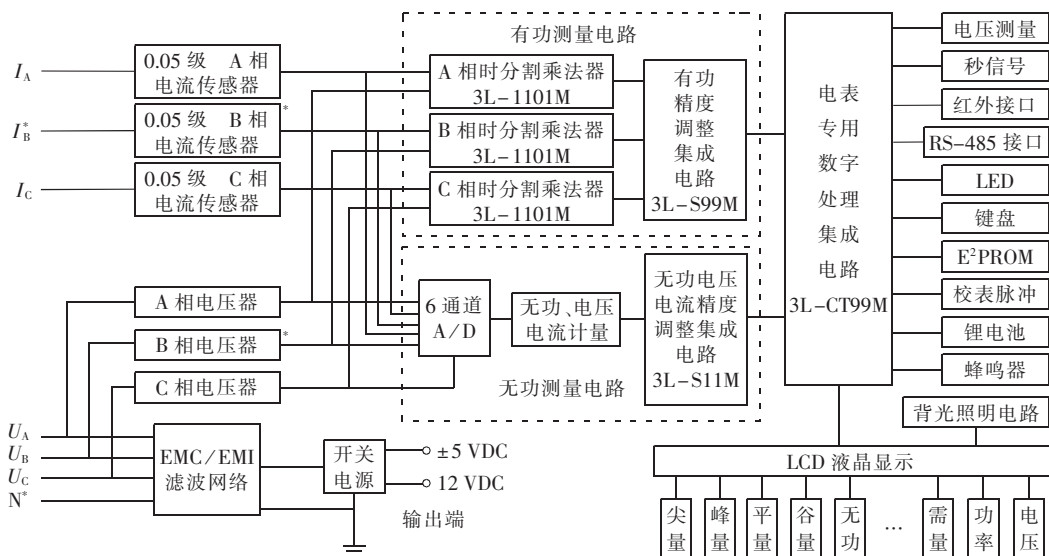


图 4 采用时分割乘法器及 A/D 采样混合方案的多功能表结构框图

Fig.4 Structure block diagram of multi-function watt-hour meter with hybrid scheme of the time division multiplier and A/D sampling principle

① 电能计量装置检验规程:SD109-83. 北京:水利电力出版社,1984.

表 1 超级稳定 TDM 系列 0.5 级电能表稳定性指标
Tab.1 Stability index of super stable TDM series 0.5-grade watt-hour meter

项目	国标允许变差	实测数据	项目	国标允许变差	实测数据
温度特性	0.03 %~0.05 %/℃	0.0025 %/℃	电压不平衡	1.0 %	0.05 %
电压改变	0.2 %~0.4 %	0.02 %	短时过电流	0.05 %	0.01 %
波形	0.1 %	0.01 %	气候	0.5 %~1.0 %	0.05 %
外磁场	1.0 %	0.01 %	机械冲击	0.5 %	0.01 %
高频电磁场	1.0 %	0.01 %	振动	0.5 %	0.01 %
自热	0.2 %	0.03 %	频率	0.2 %	<0.01 %
不平衡负载	1.0 %	0.02 %	累计最大不确定度	6.95 %~8.05 %	0.3 %
逆相序	0.1 %	<0.01 %			

4 结语

电能计量是电力生产和经营的重要组成部分。电能计量装置计量的准确与否关系到供用电双方的经济利益。文中对电能计量装置的分类、实现方案、结构及特点作了介绍。

参考文献：

[1] 张有顺,冯井岗. 电能计量基础[M]. 北京:中国计量出版社, 2002.

[2] 郑尧,李兆华,谭金超,等. 电能计量技术手册[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
[3] 李文娟. 电能计量学[M]. 北京:水利电力出版社,1989.
[4] 孙方汉. 电能计量装置及其正误接线[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.

(责任编辑：柏英武)

作者简介：

王 毅(1974-),男,河南郑州人,工程师,基建处专工,主要从事配电网的规划、设计、运行工作(E-mail:wyyy1111@tom.com)。