

智能电能表多表位检定装置时钟误差计量方案优化

龚 丹, 张 健, 沈秋英, 李

(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 210036)

摘 要: 智能电能表的时钟是控制费率切换的根本依据, 时钟的准确与否直接关系到能否准确计量峰、尖、平、谷等各种时段的电量。本文阐述了 96 表位智能电能表检定装置检定时钟误差的计量方案, 研究分析了检定过程中产生时钟偏差的因素, 提出了检定优化方案, 通过试验数据的对比, 表明优化后的方案极大地提高了时钟检定的准确性。

关键词: 校时; 时段投切; 误差; 装置; 阶梯电价

0 引言

智能电能表计量准确关系到广大老百姓的切身利益^[1]。作为计量检定部门, 在依据国家或行业检定规程开展检定工作的基础上, 有必要精益求精, 进一步提高检定质量, 确保电能表计量更准确、运行更可靠。本文就目前 96 表位电能表检定装置在批量检定工作中, 针对校时操作以及时段投切误差试验中由于通讯延时、装置响应延时以及校时软件实现方法不同造成的电能表表内时间与标准时间的偏差, 提出了相应的优化计量方案, 并应用于实际检定中, 取得良好的检定效果。

1 检定装置执行校时以及时段投切操作的工作原理

1.1 校时操作

依据现行国家计量检定规程 JJG596-1999《电子式电能表》^[2]以及智能电能表技术规范^[3,4], 全检验收中校核计度器示数、确定时段投切误差等试验项目都需要通过改变电能表时间来实现。为确保运行电能表计量计费的准确性, 在完成其他检定项目后, 对电能表进行 GPS 校时操作。智能电能表可通过 RS485、红外等通信接口进行校时, 具体又分为广播校时和设置时间参数两种方式。广播校时范围不大于 5min; 当校正时间大于 5min 时, 必须在编程状态下通过编程密码验证后设置时间参数进行校时。全检验收过程中的校时操作采用后者。

1.2 日计时误差和时段投切操作

JJG596-1999《电子式电能表》规定多功能安装

式电能表日计时误差应不超过 0.5s/d, 时段投切误差应不大于 5min, 其允许值包含累计日计时误差和时间预置误差。时段投切误差的获取算法: “在预置时段内用标准时钟或电台报时声所得实际时间 t_0 , 与时段起始(或终止)时间 t 比较, 即得时段投切误差: $\Delta t = t - t_0$, 确定时段投切误差至少应检验两个时段”。检定装置常用的实现方式有“脉冲法”和“电量改变法”两种。两者主要区别在时段投切的判断方式上, 脉冲法通过误差计算器监听时段投切脉冲信号从而确定时间 t , 电量改变法通过峰或谷的电量变化来判断是否投切。

2 时钟偏差的影响

本文研究的时钟偏差是指在具备精确时钟同步信号和被检电能表晶振时钟频率满足规程要求的前提下, 由于通讯延时、装置响应延时以及校时软件实现方法不同造成的电能表表内时间与标准时间的偏差。本文中上位机通过同步 GPS 网络时钟服务器提供精确时间^[5]。

2.1 时钟偏差的产生

96 表位智能电能表检定装置主要由程控功率源、标准表、误差计算器、标准时基源、脉冲采样器和表架等构成^[6]。装置内部有一条电流回路, 用于电能表检定的负载回路, 电流从程控功率源流出后经过挂表架上第一表位流入, 最后从表架最后一表位流出, 回到程控功率源。每一个表位有一路 485 通讯线路, 通过一路或多路总线连接。上位机使用 RS232 通讯端口或 RJ45 网络端口与检定装置连接, 上位机与所有表位间的通信线路一般有串行和并行

两种,对于 96 表位智能电能表检定装置多采用并行方式,在具体的实现方式上有 R485 现场总线、CAN 现场总线等^[7,8],如图 1 所示。

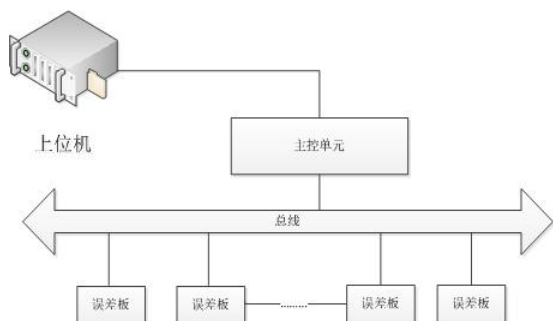


图 1 通信线路结构图

Fig.1 Diagram of communication link

在时段投切和校时操作中,上位机需要读取和设置电能表的参数信息,采用 RS485 通讯,通过一条总线对所有表位被检表进行控制。多功能电能表通讯协议^[9]对具体通讯方式以及数据传输方法进行了规定^[10]。上位机软件对通讯报文进行组织和发送,对电能表应答数据进行接收和处理,并对流程进行逻辑控制。下面分析不同检定装置实现校时、时钟投切操作采用的不同方案。

(1) 校时方案分析

方案 A:

- a. 读取上位机系统时间 T (GPS 时间), 作为校准时间;
- b. 按 DL/T645-2007《多功能电能表通讯协议》组织校时指令报文;
- c. 循环表位发送校时指令并接收应答数据,直到 n 个表位校时成功结束。

方案 B:

- a. 读取上位机系统时间 T (GPS 时间), 由变量进行存储;
- b. 按《DL/T645-2007 多功能电能表通讯协议》组织校时指令报文;
- c. T 作为校准时间, 对第一个表位进行校时指令的发送;
- d. 接收应答数据, 若成功将变量存储时间顺序加上经验值 m 毫秒;
- e. 重新组织报文发送并重复步骤 d, 直到 n 个表位成功校时结束。

方案 A、B 中读取的 T 是精准的, 在 n 不大的情况下, 通讯传输、设备响应以及命令的处理等时

间都可以忽略, 并不影响对时的结果。但在多表位智能电能表检定装置中, 表位越多, n 值越大, 累积的延时就越长, 造成被检电能表校准时间偏差较大。假设第一个表位的延时为 ΔT , 那么最后一个表位的时间延时为 $(n-1) \Delta T$, 参见方案检测数据比对。方案 B 虽然考虑到了时间的累积偏差, 对校准时间顺延了一个经验值 m , 这只是一个经验估算值, 校时结果不够精确。一旦通讯不可靠导致校时失败, 重复发送和接收指令将增大延时。

方案 A、B 中, 上位机软件根据 DL/T645-1997 规约组织校时报文并发送指令, 与电能表 R485 通讯属于半双工通讯方式, 一次只能在一个方向传输信息。从发送完成转到接收状态, 规定一定延时才能保证接收方返回的数据能完整的被接受。DL/T645-1997《多功能电能表通信规约》规定每次通信由主站向从站发出命令帧开始, 从站根据请求作出响应。收到命令帧后的响应延时 $T_d: 20ms \leq T_d \leq 500ms$, 字节之间停顿时间 $T_b: T_b \leq 500ms$, 如图 2。

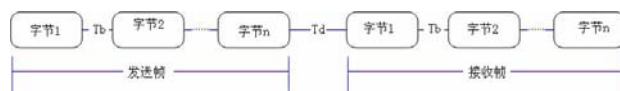


图 2 报文组织图

Fig.2 Organization chart of messages

由于不同被检表对于指令的实际响应时间不一, 有些检定装置为了保证每次通信的可靠, 程序设计中会增加帧之间延时 T_d 或字节间延时 T_b 即等待的时间。方案中校准时间指令分为日期(年月日)和时间(时分秒)两帧发送和接收, T_d 和 T_b 按上限值 500ms 累加会产生 1500ms 的偏差, 第 n 表位就会有 $n \times 1500ms$ 的偏差。

(2) 时段投切方案分析

时段投切误差试验有“脉冲法”和“电量改变法”两种实现方式。“脉冲法”所得误差结果产生的偏差来源于日计时误差与投切判断的时间。由于日计时误差控制在 0.5s/d, 短时间内可忽略; 通过投切脉冲判断时间是毫秒级, 而且智能电能表在时段转换的同时, 投切同时进行, 误差极小。因此, 本文只针对“电量改变法”的实现方案进行优化分析。

“电量改变法”方案 C (确认某时段切换到峰时段误差) 如下:

- a. 读取电能表当前峰时段电量 Q_1 ;

- b. 预置电能表时间为峰段时间前 n 秒;
- c. 进行电流走字;
- d. 不断读取电表峰时段电量, 判断读回的电量 Q_2 是否大 Q_1 , 如果大于则该电表时段已经真实切换, 记录下系统当前时间 t_2 ;
- e. 投切误差 $\Delta=t_2$ -投切标准值;
- f. 按规程最多等待 300s 判断不合格^[3]。

该方案投切误差结果取决于 t_2 , 与走字电流有关, 电流大, 电量改变也快, 投切误差结果相对小, 其中电量改变的时间也包含在了投切误差结果中, 确认的投切误差不是准确的结果。

2.2 时钟偏差对智能电能表使用的影响

智能电能表的计时系统是相对独立的一个单元, 时钟偏差并不影响计量系统的正常工作, 而且峰谷时段的时长并没有改变, 只是发生了时段平移, 但这种计时误差会较大地影响分时电价政策的一致性和公平性。

以某地区为例(峰段 0.5583 元/度, 谷段 0.3583 元/度), 假设某户居民用智能电能表时钟偏差为 10min, 每天偏差时段内用户家用电器总功率为 10kW, 则当天由于时钟偏差造成电量误差 1.67kW, 峰谷电差价产生电费为 $1.67 \times (0.5583 - 0.3583) = 0.334$ 元, 如此状况持续一年该用户产生电费的偏差约 122 元。

该地区“阶梯电价”实施方案规定, “居民用户每月抄表期间电费都按第一档现行的峰谷电价标准计算正常电费部分, 再根据年累计用电量计算阶梯加价部分, 正常电费部分和阶梯加价部分之和为该抄表期间用户承担电费”。因此阶梯电价主要取决于用户的用电量, 电能表表内电量是实时累计的, 时间上的延迟和提前不会造成用电量的增加和电费的额外支出, 因此时钟偏差影响的只是分时收费部分, 对于阶梯电价部分没有影响。

3 优化方案

3.1 校时方案优化

通过 2.1 中方案的分析, 对多表位电能表检定装置的校时方案可进行以下优化:

- (1) 读取上位机系统时间 (GPS 时间);
- (2) 按《DL/T645-2007 多功能电能表通讯协议》组织校时指令报文;
- (3) 对第一个表位进行校时指令的发送, 接

收应答数据; 成功进入步骤 4, 失败重复以上步骤;

(4) 循环表位进行当前时间的读取和报文组织, 发送并确认成功与否, 直到 n 个表位校时结束。

通过优化, 减少了因为表位数量较多、检定装置与被检表响应而形成得时间偏差, 保证了被检电能表的时钟精准。

3.2 时段投切方案优化

对于方案 C 优化如下:

- (1) 读取电能表当前峰时段电量 Q_1 ;
- (2) 预置电能表时间为峰段时间前 s , 同时获取该表位设置时间前的系统时间 t_1 ;
- (3) 进行电流走字, 记录下当前走字功率 P ;
- (4) 不断读取电表峰时段以及其他时段电量, 判断读回的峰电量 Q_2 是否大 Q_1 , 如果大于且其他时段电量没有变化, 则该电表时段已经真实切换, 记录下系统当前时间 t_2 ;
- (5) 投切误差 $\Delta = |t_2 - t_1 - s - (Q_2 - Q_1)/P|$;
- (6) 按规程最多等待 300 秒判断不合格。

方案的优化修正了误差结果中电量变化用的时间, 误差结果更精确。

4 优化方案的检测数据比对

选用方案 A、B 以及优化后的方案分别对同规格、不同厂家的电能表进行多次检测, 检定装置为 96 表位, 表 1 选择性的列出几个表位各次测试数据的平均值。可以看出方案 A 和 B 产生的时间偏差随表位增加而递增, 不同厂家电能表产生的时间偏差也不一样; 优化后的方案, 时间偏差较之方案 A、B 减少了很多。96 表位检定装置的时间偏差控制在 2s 以内。

表 1 各种校时方案数据比较

表位	方案 A		方案 B		优化方案	
	批次 1	批次 2	批次 1	批次 2	批次 1	批次 2
#1	0	-1s	0s	-1s	0	-1s
...
#20	-2	-2	-1	-1	0	-1
...
#48	-4s	-3s	-2s	-1s	0	-1s
...
#70	-6	-6	-2	-2	0	-1
...
#96	-10s	-9s	-3s	-3s	-1s	-2s

表 2 是投切方案优化前后的数据比对, 虽然优化前投切误差结果在 5min 之内, 符合国家标准规定的要求, 不影响该试验项目的结论。但计量方案

优化后，经多表位检定装置检定后的电能表时钟误差更小，更加准确。从用户使用角度出发，规程规定的 5min 时段投切误差较宽，建议适当调整。

表 2 投切方案数据比较

Tab.2 Comparison of data from different time switch methods

表位	#1		#48		#96	
	方案 C	优化方案	方案 C	优化方案	方案 C	优化方案
峰	39s	2s	39s	2s	39s	3s
谷	37s	2s	37s	2s	38s	3s

5 结论

智能电能表的检定逐步向多表位自动化检定的方向发展，原有检定装置的计量方案虽然满足国家计量标准的要求，但从电能表用户使用考虑，依然存在优化改进的空间。我们通过多表位智能电能表检定装置时钟误差计量方案的优化，大大提高了电能表时钟运行的准确性，为阶梯电价、分时电价的实施提供了技术保障。

参考文献:

[1] 李士林, 王艳.智能电能表对阶梯电价的支持功能分析[J].河北电力技术, 2011, 30 (1) : 9-10.
Li Shi-lin, Wang Yan. Analysis on Support Function of Smart Electricity Meter on Tiered Pricing for Electricity[J].HE BEI ELECTRIC POWER, 2011, 30 (1) : 9-10.

[2] JJG596-1999, 电子式电能表检定规程[S].
JJG596-1999, Electrical energy meters with electronics [S].

[3] 国家电网公司. Q/GDW 364-2009 单相智能电能表技术规范[Z].

[4] 国家电网公司. Q/GDW 363-2009 1 级三相智能电能表技术规范[Z].

[5] 高志远, 徐美强, 吴罡明.一个高精度网络对时软件的设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(12): 76-80.
GAO Zhi-yuan, XU Mei-qiang, Wu Gang-ming. Design and implementation of a high precision network timing

software [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(12): 76-80.

[6] 赵增隆. 电能表检定装置系统设计[D]. 山东: 山东大学硕士学位论文, 2009.
ZHAO Zeng-long. The Design of Verification Equipment for Electrical Energy Meters [D]. Shandong: Shandong University master's degree thesis, 2009.

[7] 周克西, 阴靖宇, 楚刚. 电能表检定装置误差数据高效率传输方法[J]. 水电能源科学, 2010, 28(11): 158-160.
ZHOU Ke-xi, YIN Jing-yu, CHU Gang. Research on error data high efficiency transmission of power meter calibration[J], 2010, 28(11): 158-160.

[8] 郭琼. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
GUO Qiong. Fieldbus technology and its Application [M]. Beijing: China Machine Press, 2011.

[9] DL/T645-1997, 多功能电能表通讯协议[S].
DL/T645-1997, Multi-function watt-hour meter communication protocol [S].

[10] 刘建戈.电能表 RS485 多系统通信方式分析与应用[J]. 电测与仪表, 2009, 46(12A): 99-101.
LIU Jian-ge. Analysis on Multi-Communication of RS485 about Watt-hour Meter [J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2009, 46(12A): 99-101.

作者简介:

龚 丹 (1979-), 男, 江苏南通人, 硕士, 工程师, 国家一级注册计量师, 从事电力系统电能计量等工作与研究, Email: danisman@139.com;

张 健 (1980-), 女, 江苏南京人, 硕士研究生, 高级工程师, 国家一级注册计量师, 从事电能计量技术研究 与 电 力 计 量 管 理 工 作 , Email : kikizhangjian@gmail.com;

沈秋英 (1979-), 女, 江苏苏州人, 博士, 工程师, 从事电力系统电能计量等工作与研究, Email : ellar_shen@sina.com;

李 珺 (1979-), 女, 湖北枣阳人, 本科, 工程师, 国家二级注册计量师, 从事电力系统电能计量等工作与研究, Email: 15105168322@139.com。

Program Optimization for Testing Clock Errors on Multi-meter Testing Devices

GONG Dan, ZHANG Jian, SHEN Qiu-ying, LI Jun

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 210036)

Abstract: Smart meter clock is the fundamental basis for controlling the rate switch. Clock which is accurate or not, is directly related to smart meters' ability to measure the peak, sharp, flat, Valley and other time of electricity charge. According to practical work, this article describes the program of 96 meter verification devices to test the clock errors, analyses the factors of clock skew during the verification process, and proposes the optimizing methods. By comparing the experimental data, it shows that the optimized program greatly improves the accuracy of clock verification.

Key words: Timing, time switch, error; device, ladder-type price