

浅析电能表检定规程中的计算公式

对电能表国家计量检定规程JJG 307—2006、JJG 596—2012以及JJG 1085—2013中规定的“算定时间”和“算定脉冲数”的计算公式进行了理论推导，目的是使计量检定人员加深对公式的理解，在检定电能表工作中正确灵活地使用公式。

吴 桥 金 萍 张迎星 徐敏锐 陈 刚/国网江苏省电力公司电力科学研究院国家电网公司电能计量重点实验室

0 引言

在目前实施的三个有关电能表的国家计量检定规程JJG 307—2006《机电式交流电能表》、JJG 596—2012《电子式交流电能表》及JJG 1085—2013《标准电能表》中，皆规定检定电能表通常采用标准电能表法或瓦秒法。

标准电能表法又包括三种方法：定低频脉冲数比较法、高频脉冲数预置法以及定时比较法。其中定时比较法因为不涉及本文所讨论的计算公式，故不赘述。定低频脉冲数比较法仅在JJG 1085—2013中有规定；高频脉冲数预置法在JJG 307—2006、JJG 596—2012及JJG 1085—2013中都有规定。

瓦秒法包括两种方法：定脉冲数测量法和定时测量法。

定时测量法仅在JJG 1085—2013中有规定；定脉冲数测量法在JJG 307—2006、JJG 596—2012及JJG 1085—2013中都有规定。

采用标准电能表法需要计算“算定脉冲数”，采用瓦秒法需要计算“算定时间”或“算定脉冲数”。这些计算公式在规程中都有明确的表述，不过，规程却没有说明这些公式的来源。

在计量检定工作中，面对各种类型的被检表，大多数情况下应按照规程规定的条款进行检定，但也有一些特殊情况，比如常用的标准装置被占用、被检表数量较多或需要在短时间内完成检定等。这时就可以使用不常用的标准装置开展检定，前提是要对这种检定方法足够了解，而检定方法中的关键点就是上述的计算公式。

这些公式中的量包括时间、脉冲数和脉冲常数等，实际反映的就是电能值，因此可以用这些量计算出电能值，或者分别计算出被检表和标准表的电能值进行推导，下面就进行具体的推导验证。

1 标准电能表法——一定低频脉冲数比较法

根据JJG 1085—2013中的式(9)，当被检表输出一定的低频脉冲数停住标准表，如果被检表输出了 N 个脉冲，标准表应输出的脉冲数即算定脉冲数 n_0 为

$$n_0 = \frac{C_0 N}{C_L K_I K_U} \quad (1)$$

式中， K_I 、 K_U 为分别为标准表外接的电流互感器电流比和电压互感器电压比； C_L 为被检表的脉冲常数，imp/kW·h； C_0 为标准表的脉冲常数，imp/kW·h； n_0 为标准表算定脉冲数。

公式推导：在进行检定时，假设被检表脉冲常数为 C_L ，其输入功率为 $P_1 = U_1 I_1 \cos \varphi_1$ 。其中， U_1 为检定装置中标准表外接电压互感器的一次电压； I_1 为检定装置中标准表外接电流互感器的一次电



吴 桥/高级工程师

关键词/Keywords

电能表 ·
计量检定规程 ·
算定时间 ·
算定脉冲数 ·
公式 ·
推导 ·

流; $\cos \varphi_1$ 为被检表的负载功率因数。

假设标准表脉冲常数为 C_0 , 其输入功率为 $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$ 。其中, U_2 为检定装置中标准表外接电压互感器的二次电压; I_2 为检定装置中标准表外接电流互感器的二次电流; $\cos \varphi_2$ 为标准表的负载功率因数。

在时间 T 内, 被检表和标准表所计的电能值 W_1 和 W_2 分别为

$$W_1 = U_1 I_1 T \cos \varphi_1 \quad (2)$$

$$W_2 = U_2 I_2 T \cos \varphi_2 \quad (3)$$

在时间 T 内, 被检表和标准表的输出脉冲数 N 和 n 分别为

$$N = C_L W_1 = C_L U_1 I_1 T \cos \varphi_1 \quad (4)$$

$$n = C_0 W_2 = C_0 U_2 I_2 T \cos \varphi_2 \quad (5)$$

由于 $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2$, 式 (5) 除以式 (4) 并整理得

$$n = \frac{C_0 U_2 I_2 T N \cos \varphi_2}{C_L U_1 I_1 T \cos \varphi_1} = \frac{C_0 N}{C_L \frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{I_1}{I_2}} = \frac{C_0 N}{C_L K_I K_U} \quad (6)$$

式 (6) 和式 (1) 完全相同, 证明了式 (1) 的正确性。

2 标准电能表法——高频脉冲数预置法

根据 JJG 307—2006 中的式 (5)、JJG 596—2012 中的式 (4) 及 JJG 1085—2013 中的式 (11), 标准表和被检表都在连续运行的情况下, 用被检表输出的脉冲控制标准表的计数, 这时标准表算定 (或预置) 高频脉冲数 m_0 为

$$m_0 = \frac{C_0 N}{C_L K_I K_U K_J} \quad (7)$$

或

$$m_0 = \frac{C_0 N}{C_L K_L K_Y K_I K_U K_J} \quad (8)$$

式中, C_0 为标准表脉冲常数, imp/kW·h; C_L 为被检表脉冲常数, imp/kW·h; N 为被检表输出脉冲数; K_I 、 K_U 分别为标准表外接的电流互感器电流比和电压互感器电压比, 当没有外接电流和电压互感器时, K_I 和 K_U 都为 1; K_L 、 K_Y 分别为被检表铭牌中标注的电流互感器电流比和 (或) 电压互感器电压比, 未标注者都为 1; K_J 为被检表接线系数,

未给出接线系数时 $K_J = 1$ 。

公式推导: 在进行检定时, 假设被检表脉冲常数为 C_L , 其输入功率为 $P_1 = U_1 I_1 K_L K_Y K_J \cos \varphi_1$ 。其中, U_1 为检定装置中标准表外接电压互感器的一次电压; I_1 为检定装置中标准表外接电流互感器的一次电流; $\cos \varphi_1$ 为被检表的负载功率因数。

假设标准表脉冲常数为 C_0 , 其输入功率为 $P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2$ 。其中, U_2 为检定装置中标准表外接电压互感器的二次电压; I_2 为检定装置中标准表外接电流互感器的二次电流; $\cos \varphi_2$ 为标准表的负载功率因数。

所以, 在时间 T 内, 被检表和标准表所计的电能值 W_1 和 W_2 分别为

$$W_1 = P_1 T = U_1 I_1 T K_L K_Y K_J \cos \varphi_1 \quad (9)$$

$$W_2 = P_2 T = U_2 I_2 T \cos \varphi_2 \quad (10)$$

在时间 T 内, 被检表和标准表的输出脉冲数 N 和 m_0 分别为

$$N = C_L W_1 = C_L U_1 I_1 T K_L K_Y K_J \cos \varphi_1 \quad (11)$$

$$m_0 = C_0 W_2 = C_0 U_2 I_2 T \cos \varphi_2 \quad (12)$$

需要说明的是, 如果被检表铭牌中标注有电流互感器电流比 K_L 和 (或) 电压互感器电压比 K_Y , 则被检表脉冲常数 C_L 指的是铭牌中标注电流比和电压比的“一次侧”所反映的脉冲常数, 在被检表进行检定时, 要折算到铭牌中标注电压和电流比的“二次侧”, 即真正的被检表脉冲常数 C'_L , $C'_L = C_L K_Y K_L$ 。

由于 $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2$, 将式 (12) 除以式 (11) 并整理得

$$\begin{aligned} m_0 &= \frac{C_0 U_2 I_2 T N \cos \varphi_2}{C_L U_1 I_1 T K_L K_Y K_J \cos \varphi_1} \\ &= \frac{C_0 N}{C_L K_L K_Y K_J \frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{I_1}{I_2}} \\ &= \frac{C_0 N}{C_L K_L K_Y K_I K_U K_J} \end{aligned} \quad (13)$$

式 (13) 和式 (8) 完全相同, 证明了式 (8) 的正确性。

如果被检表铭牌中未标注电流互感器电流比 K_L 和 (或) 电压互感器电压比 K_Y , 则式 (13) 简化为

$$m_0 = \frac{C_0 N}{C_L K_I K_U K_J} \quad (14)$$

式(14)和式(7)完全相同,证明了式(7)的正确性。

3 瓦秒法——定脉冲数测量法

根据JJG 307—2006中的式(7)、JJG 1085—2013中的式(4)及JJG 596—2012中的式(7),用标准功率表测定调定的恒定功率,或用标准功率源确定功率,同时用标准测时器测量被检表累计电能或者累计脉冲所需的时间,这时算定时间 T 为

$$T = \frac{3.6 \times 10^6 N}{C_L P} \quad (15)$$

或

$$T = \frac{3.6 \times 10^6 N}{C_L K_L K_V K_I K_U K_J P} \quad (16)$$

式中, C_L 为被检表脉冲常数,imp/kW·h; P 为标准功率表或标准功率源所显示的功率(调定的恒定功率),W; N 为被检表输出脉冲数,imp/kW·h; K_I 、 K_U 分别为标准功率表或标准功率源外接的电流互感器电流比和电压互感器电压比,当没有外接电流和电压互感器时, K_I 和 K_U 都为1; K_L 、 K_V 分别为被检表铭牌中标注的电流互感器电流比和(或)电压互感器电压比,未标注者都为1; K_J 为被检表接线系数,未给出接线系数时 $K_J=1$ 。

同时,算定脉冲数 m_0 为

$$m_0 = \frac{C P T_n K_I K_U}{3.6 \times 10^6} \quad (17)$$

式中, m_0 为算定脉冲数; C 为被检表脉冲常数,imp/kW·h; T_n 为选定的测量时间,s。

公式推导:在进行检定时,假设被检表脉冲常数为 C_L ,标准功率表或标准功率源显示的功率为 P 。

如果功率源外接了电压互感器和(或)电流互感器,则显示的功率是二次功率,真实的一次功率为 $P K_U K_I$ 。

K_J 为被检表接线系数。

被检表产生 N 个脉冲,所需的理论时间 T ,即是算定时间,有

$$N = C'_L P K_I K_U T K_J = C_L P T K_L K_V K_I K_U K_J \quad (18)$$

需要说明的是,如果被检表铭牌中标注有电流互感器电流比 K_L 和(或)电压互感器电压比 K_V ,则被检表脉冲常数 C_L 指的是铭牌中标注电压(电流)比的“一次侧”所反映的脉冲常数,在被检表进行检定时,要折算到铭牌中标注电压(电流)比的“二次侧”,即真正的被检表脉冲常数 C'_L , $C'_L = C_L K_V K_L$ 。

其中, N 的单位为r或imp; C_L 的单位为r/kW·h或imp/kW·h; P 的单位为W; T 的单位为s。经过国际单位制换算,式(18)就变换为式(19)

$$N = \frac{C_L P T K_L K_V K_I K_U K_J}{60 \times 60 \times 1000} \quad (19)$$

变换后则有

$$T = \frac{3.6 \times 10^6 N}{C_L K_L K_V K_I K_U K_J P} \quad (20)$$

式(20)和式(16)完全相同,证明了式(16)的正确性。

如果标准功率表或标准功率源没有外接互感器,被检表铭牌中也未标注电流互感器电流比 K_L 和(或)电压互感器电压比 K_V ,被检表接线系数 $K_J=1$,则式(20)就简化为式(21)

$$T = \frac{3.6 \times 10^6 N}{C_L P} \quad (21)$$

式(21)和式(15)完全相同,证明了式(15)的正确性。

如果标准功率表或标准功率源有外接互感器,则式(21)就变为

$$T = \frac{3.6 \times 10^6 N}{C_L K_I K_U P} \quad (22)$$

式(22)可以变换为

$$N = \frac{C_L P T K_I K_U}{3.6 \times 10^6} \quad (23)$$

式(23)和式(17)只是符号不尽相同,如果将 N 替换为 m_0 , C_L 替换为 C , T 替换为 T_n ,则式(23)就变换为

$$m_0 = \frac{C P T_n K_I K_U}{3.6 \times 10^6} \quad (24)$$

式(24)和式(17)完全相同,证明了式(17)的正确性。

4 瓦秒法——定时测量法

根据JJG 1085—2013中的式(2),用标准功率表测定调定的恒定功率,或用标准功率源确定功率,同时用标准测时器测量被检表累计电能所需的时间,这时算定电能值 W 为

$$W = \frac{3.6 \times 10^6 m}{C_H} \quad (25)$$

式中, m 为被检表显示的脉冲数; C_H 为被检表脉冲常数,imp/kW·h; W 为被检表算定电能值,kW·h。

公式推导:在被检表进行检定时,假设被检表脉冲常数为 C_H ,标准功率表或标准功率源显示的功率为 P ,被检表产生 m 个脉冲所需时间为 T 。

根据式(18)及其推导过程,式(21)可以写成式(26)

$$T = \frac{3.6 \times 10^6 m}{C_H P} \quad (26)$$

将式(26)的两边乘以功率 P ,可以变换成下式

$$PT = W = \frac{3.6 \times 10^6 m}{C_H} \quad (27)$$

式(27)和式(25)完全相同,证明了式(25)的正确性。

5 结束语

通过上述公式的推导,明确了有关规程中“算定时间”及“算定脉冲数”计算公式的来源,便于计量检定人员加深对公式的理解,在检定电能表工作中正确灵活地使用公式。

规程中的规定可以看作是一种专家式建议,也可以理解为一般大多数情况下应采用的优先策略。分析公式的推导过程,说明只要符合基本原

理,采用哪种方法可以根据实际条件选择,不必完全照搬规程中的规定。比如,采用标准电能表法中的定低频脉冲数比较法可以参照规程中检定标准电能表的方法去检定机电式电能表和电子式电能表;采用瓦秒法中的定时测量法也可以参照规程中检定标准电能表的方法去检定机电式电能表和电子式电能表。所以,在计量检定实践中,应充分了解规程中计算公式的原理,又不完全拘泥于规程规定,因地制宜、灵活处理且简便高效地从事计量检定工作。

因本文仅限讨论规程中的计算公式,并未完整叙述非规程规定的检定方法,如果要采用这类检定方法,还要满足规程中的其他条件,比如对算定脉冲数下限值或最少累计脉冲数的要求,对算定时间或每次测试时限的要求等。

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 307—2006 机电式交流电能表[S]. 北京:中国计量出版社,2006.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 596—2012 电子式交流电能表[S]. 北京:中国质检出版社,2013.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 1085—2013 标准电能表[S]. 北京:中国质检出版社,2013.
- [4] 宗建华,闫华光,史树冬,等. 智能电能表[M]. 北京:中国电力出版社,2010.
- [5] 陈家斌,等. 电能计量装置与管理技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
- [6] 金萍,田其正,鲍进. II型采集器接入电力系统对电能表的影响分析[J]. 江苏电机工程,2013,32(5):59-61.

(收稿日期:2016-03-16) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告