

# 论证电压互感器二次导线压降对电能计量综合误差的影响

冯 浩

抚顺市技术创新研究院计量测试所 辽宁 抚顺 113006

**摘 要：**本文对交流电能计量过程中，因为电压互感器二次导线压降引起的电能计量误差进行了分析，同时对改进前后的不同结果进行分析和比较，最后给出改进方法。

**关键词：**交流电能计量；电压互感器；压降；误差

## 1 概述

电能是国民经济发展的重要能源，尤其是在2035年达到碳达峰，2060年实现碳中和战略目标下，电能的综合管理与利用更是重中之重，加强交流电能计量是实现电能管理的一种技术手段。并且加强交流电能计量的管理，提高计量准确度，合理分配使用交流电能，对提高企业的经济效率，降低生产成本，节约用电也有着极其重要的意义。

## 2 交流电能计量综合误差计算方法

以三相三线接线方式下计算综合误差的计算为例

2.1 三相三线线路中，影响电能计量准确度的主要因素有如下几个方面：

- (1) 电流互感器的综合误差
- (2) 电压互感器的综合误差
- (3) 电压互感器二次导线压降引起的综合误差

三相三线线路电能综合误差 $\xi$ ，按下式计算：

$$\xi = \{ (A+C)/2 + (D-B)/119.1 + [(C-A)/3.464 - (B+D)/68.76] * E \} (\%) \quad (2-1)$$

式(2-1)中

$$A = f_{ab} + f_{uab} + f_{ia}$$

$$B = \delta_{ab} + \delta_{uab} - \delta_{ia}$$

$$C = f_{cb} + f_{ucb} + f_{ic}$$

$$D = \delta_{cb} + \delta_{ucb} - \delta_{ic}$$

$$E = \text{tg} \Phi$$

这里只需先算出A、B、C、D、E的值，代入(2-1)中即可得出交流电能计量的综合误差 $\xi$ 之值。

$f_{ia}$ 、 $\delta_{ia}$ .....A相电流互感器在实际运行负荷电流下（或在一段时间内的平均负荷电流下）的比差（%）和角差（'）

$f_{ic}$ 、 $\delta_{ic}$ .....C相电流互感器在实际运行负荷电流下（或在一段时间内的平均负荷电流下）的比差（%）和角差（'）

$f_{uab}$ 、 $\delta_{uab}$ .....实际运行电压下ab相电压互感器二次线电压 $U_{ab}$ 的比差（%）和角差（'）

$f_{ucb}$ 、 $\delta_{ucb}$ .....实际运行电压下cb相电压互感器二次线电压 $U_{cb}$ 的比差（%）和角差（'）

$f_{ab}$ 、 $\delta_{ab}$ .....ab相电压互感器二次端电压 $U_{ab}$ 相对于电能表端电压压降的比差（%）和角差（'）

$f_{cb}$ 、 $\delta_{cb}$ .....cb相电压互感器二次端电压 $U_{cb}$ 相对于电能表端电压压降的比差（%）和角差（'）

$f_{ab}$ 、 $\delta_{ab}$ 、 $f_{cb}$ 、 $\delta_{cb}$ 之值可用电压互感器二次导线压降测试仪在现场实际负荷情况下测出

$\Phi$ .....高压三相线路负载阻抗角

可用相位表（其电压回路接于ab相电压互感器二次，电流回路接于第一相电流互感器二次）测出 $u_{ab}$ 于 $I_a$ 间的相角 $\Phi_{ab}$ ，按下式得出 $\Phi$ 值： $\Phi = \Phi_{ab} - 30^\circ$ 。

2.2 讨论电压互感器二次导线压降对交流电能计量综合误差的影响

电流互感器和电压互感器的综合误差在运行过程中，一般情况下他们的变化是很小的，而且电流互感器和电压互感器的精度等级都比较高，电能表的等级也比较高，在这里为了讨论方便，把上述因素忽略，那么式(2-1)可简化为

$$\xi = (f_{ab} + f_{cb})/2 + (\delta_{cb} - \delta_{ab})/119.1 + [(f_{cb} - f_{ab})/3.464 - (\delta_{ab} + \delta_{cb})/68.76] * \text{tg} \Phi (\%) \quad (2-2)$$

3 以731、732、733三台变压器交流电能计量系统整改前后讨论电压互感器二次导线压降对交流电能计量的影响

731、732、733三台变压器（66kV/10kV）的计量点在变压器二次侧10kV侧，电压互感器二次回路由10kV刀开关辅助接点、电压互感器二次导线及电压互感器二次保险器等环节组成。因为刀开关辅助接点等受腐蚀等方面的原因，使电压互感器二次回路压降较大。整改前测试结果如下：

回路名称	比差 (%)	角差 (')	COSΦ
731	$f_{ab} = -1.92$	$\delta_{ab} = 69$	0.92
	$f_{cb} = -6.07$	$\delta_{cb} = -39$	
	$f_{ca} = -6.75$	$\delta_{ca} = 134$	
732	$f_{ab} = -9.7$	$\delta_{ab} = 9.7$	0.92
	$f_{cb} = -3.8$	$\delta_{cb} = 3.8$	
	$f_{ca} = -5.9$	$\delta_{ca} = 5.9$	
733	$f_{ab} = -0.58$	$\delta_{ab} = 21.5$	0.92
	$f_{cb} = -0.33$	$\delta_{cb} = -1.4$	
	$f_{ca} = -1.11$	$\delta_{ca} = 4.5$	

731/732/733三个计量回路交流电能测量因为电压互感器二次回路压降引起的综合误差利用(2---2)公式分别计算得出

$$731: \xi = -5.22\%$$

$$732: \xi = -6.16\%$$

$$733: \xi = -0.741\%$$

以上结果表明三台表计量,因为电压互感器二次导线压降引起的综合误差较大,所以导致电能表少计电量的现象。

三台变压器由一条馈出电路所带,统计当时的馈出

整改后测试结果如下:

回路名称	比差 (%)	角差 (')	COSΦ
731	$f_{ab} = -0.13$	$\delta_{ab} = 1.6$	0.92
	$f_{cb} = -0.22$	$\delta_{cb} = 3.5$	
	$f_{ca} = -0.14$	$\delta_{ca} = 4.9$	
732	$f_{ab} = -0.05$	$\delta_{ab} = 2.4$	0.92
	$f_{cb} = -0.05$	$\delta_{cb} = 3.2$	
	$f_{ca} = -0.04$	$\delta_{ca} = 2.5$	
733	$f_{ab} = -0.1$	$\delta_{ab} = 2.4$	0.92
	$f_{cb} = -0.19$	$\delta_{cb} = 2.3$	
	$f_{ca} = -0.17$	$\delta_{ca} = 4.8$	

731/732/733三个计量回路交流电能测量因为电压互感器二次回路压降引起的综合误差利用(2---2)公式分别计算得出

$$731: \xi = -0.200\%$$

$$732: \xi = -0.078\%$$

$$733: \xi = -0.19\%$$

统计整改后馈出电量与三台变压器电能表所记电量比较为馈出电量:16619803kWh;三台变压器表计电量和为:16418084 kWh;三台变压器表计电量比馈出表计电量少:201719kWh(包括变压器损失)。

这一结果充分说明三台变压器二次侧10kV电压互感

电量与三台变压器电能表所记电量比较为馈出电量:19526760kWh;三台变压器表计电量和为:19098400 kWh;三台变压器表计电量比馈出表计电量少:428360 kWh(包括变压器损失)。

这一统计结果也表明因变压器二次侧10kV电压互感器二次导线压降而引起的误差较大,所以三表计电量比供给的电量少计了428360 kWh(包括变压器损失)。

对三台变压器二次侧10kV电压互感器二次回路的刀开关辅助接点短接,然后又对电压互感器二次回路因导线压降引起的比差和角差进行了测试,其结果如下表所示:

器二次导线回路把刀开关接点短接后,因电压互感器二次导线压降引起的误差明显减小,所以三台表计电量比馈出供给的电量之差亦明显减小,因此三台表计电量比较接近实际供给电量。

以上分析对比的结果充分说明:电压互感器二次导线压降过大,对交流电能计量的准确度的影响相当大,采取了适当措施以后,减小了因电压互感器压降大而引起的计量误差,充分提高了计量的准确度。

#### 4 电压互感器二次回路压降产生的原因

造成电压互感器二次回路导线压降的原因可总结为如下几个方面:

首先，线路共用。计量、保护和差动等装置共用电压互感器二次回路，导致电压互感器二次负载过重，负载电流增大，从而使电压互感器二次回路压降增大。

其次，导线过长，截面积较小。

如果电压互感器二次导线所选用的导线截面积较小，并且线路过长，由公式 $R = L/S$ 可知，会导致二次回路阻抗增大，从而使电压互感器二次回路压降增大。

再次，电压互感器二次回路有接线端子、刀闸开关、熔断器等，如果刀闸开关、接线端子辅助接点等受环境、腐蚀等影响，会增大接触电阻，若二次侧熔断器选择不当，会造成熔断器电阻不稳定且电阻阻值较大，这些都会使电压互感器二次回路压降增大。

从前面改造前后数据比较来看，电压互感器二次导线压降的大小对于计量装置的准确度影响很大，并且不稳定，受到负荷变化及功率因数情况变化影响，直接影响着交流计量装置的准确度。因为电压互感器的二次侧到电能表端子之间二次回路线路的电压降（电压互感器二次导线压降）将电压测量产生偏差，从而产生交流电能计量误差，同时还会影响系统的稳定运行。

### 5 电压互感器二次回路压降的解决

由于电压互感器二次回路中存在着接线盒、开关、熔断器以及导线电缆等元件，所以电压互感器的二次回路阻抗是不可避免。在实际的交流电能计量中只有积极消除不稳定因素尽量减少压降，并针对产生的原因提出相应的解决方法：

首先，电压互感器二次计量绕组与保护绕组分开，计量绕组计量专用，负载只为电能表，此方法可有效减少回路电流。对于回路中必不可少的开关、熔断器、接线端子等设备，应定期清洗和测试，这样可以显著减少接触电阻，尽可能减少电压互感器二次导线压降，使其

应不大于其额定二次电压的0.2%的要求。

其次，尽量缩短电压互感器到计量电能表的距离，并且尽量增大电压互感器二次回路的导线横截面积，因为电缆阻抗是自身阻抗的最大组成部分，这样导线的截面积主要采用10平方毫米的导线，这样可大大减小回路阻抗，从而减小电压互感器二次导线的压降。

再次，在进行交流电能计量线路设计时，以三相四线制代替三相三线制，并采用三相四线智能式电子式电能表，能提高负荷不平衡时计量准确性。三相四线制电能表回路电流小，输入阻抗高其压降小。

最后，采用自动补偿装置。目前很多型号的电压互感器二次压降自动补偿仪可以使电能表输入电压与电压互感器二次出口电压一致，而且经过多年运行效果显著，并且根据不同的情况采用不同的补偿措施，以保证电能计量准确性；最终提高电力系统经济运行。

### 结束语

电压互感器二次导线压降是有着不可避免的存在因数，只能尽量减少而不可消除，尽量消除不确定的因素，维护交流电能计量的准确性。以上述分析、计算和统计的结果可以看出，认真做好电能计量的技术管理工作，对减小不明电量的丢失，减小产品分摊电量，降低生产成本，提高企业的经济效益，有着积极的和现实意义。

### 参考文献：

- [1]胡晓蔚.电压互感器二次回路电压降对电能计量的影响.成都：《四川电力技术》，1997.
- [2]陈新亮.电压互感器二次回路压降改造的分析.华东电力，1998
- [3]毕志周，曹敏，吕宏.减小电压互感器二次回路压降的方法研究.云南电力技术，2000