

高压电能表失压追补电量方法的研究

范 涛,王 帅,杨晓斌

(国网天津城西供电公司,天津 300100)

Research on the method of make-up electric power during voltage-loss of electric energy meter

FAN Tao, WANG Shuai, YANG Xiao-bin

(State Grid Tianjin Chengxi Power Supply Company, Tianjin 300100, China)

摘要:失压是电能表计量故障的一种常见情况。失压状态下,电能表对应计量元件无法正常工作,导致整体计量失准,少计部分电量。常见的追补电量计算方法有电量比和电流比2种估算方法,但估算结果误差较大。提出一种新的追补电量方法:通过读取电能表内部数据,获得更为准确的电量计算结果。实验证明,该方法在三相电压均衡的情况下,可以实现接近100%的准确率。此外,该方法还可应用于电能表屏显故障时的结度工作。目前,该方法已成功应用于国网天津城西供电公司计量相关工作。 关键词:三相电能表;失压;追补电量	Abstract: Voltage loss is a common condition of the metering failure of the electric energy meter. Under the condition of voltage loss, the energy meter can not work properly, resulting in the overall measurement loss and less power. There are two methods for calculating the make-up electric power, namely the power ratio and current ratio calculation method, but due to the large error of the estimation results, the work cannot be carried out smoothly. A new method for the make-up electricity is proposed, which can realize more accurate power calculation results by reading the internal data of the electricity meter. The experimental results show that the proposed method can achieve the accuracy of nearly 100% in the case of three-phase voltage balance. In addition, the method proposed can also be applied to the electric quantity settlement of the power meter screen. At present, this method has been successfully applied to the metrology related work of State Grid Tianjin Chengxi Power Supply Company. Key words: three-phase electric energy meter; voltage loss; make-up electric power
中图分类号:TM933.4 文献标志码:C	

随着我国经济的不断发展,企业用能方式逐渐向多元化转变^[1-2],电能表作为计量和结算电费的主要工具,一直扮演着“秤杆子”的重要角色,受到用户和供电企业的高度关注。

大型工业用户的电能计量普遍使用的是三相三线和三相四线制电能表,由于此类用户的现场环境一般较为恶劣,电能表接线有时会出现松动,导致计量失准,供电部门需要根据实际情况向用户追补电度电费。

接线盒电压接线搭板氧化松动导致的失压,是最常见的追补电量情况,此种情况由于某相电压丢失致使该相电量不计量。针对此种情况,供电部门普遍采用估算电量或根据电流比进行计算^[3-7],但此种方法存在着理论依据不足以及计算不准确的情况,缺乏对用户的说服力。

针对以上现象,本文提出了一种高压电能表失压时的精确追补电量方法,通过RS485/RS232/USB的多级数据转换搭建物理连接,再根据《多功能电能表通信协议》规定的标准读取电能表内部数据^[8],结合相应的计算方法,实现更为准确的计算。实验证明,本文提出的方法比传统方法更准确。目

前该方法已成功应用于国网天津城西供电公司的电力计量相关工作。

1 电能表失压时常见的追补电量方法

目前,供电公司常用的失压追补电量方法主要有2种,一种是电量估算,在默认三相用电均衡的情况下,利用其余非失压相的电量对失压相进行估算;另一种是借用电能信息采集系统的冻结数据,计算出电流均值,在默认三相电压平衡的情况下,通过电流比值进行估算。以上2种方法均是采用等比例估算的方法,下面详细介绍2种方法的估算过程。

高压电能计量方式分为高供高计和高供低计2种,对应的是三相三线制和三相四线制电能表,分别有2个和3个计量元件,电能表计量的总电量如公式(1)和公式(2)所示

$$P_{高} = P_A + P_C \tag{1}$$
$$P_{低} = P_A + P_B + P_C \tag{2}$$

式中: $P_{高}$ 和 $P_{低}$ 分别为三相三线和三相四线的实际用电量, P_A 、 P_B 、 P_C 分别为对应相计量元件的电量

收稿日期:2018-04-21

1.1 电量比估算法

此种方法算法简单,但误差较大,缺乏说服力,在电能远程采集实现之前普遍采用。此方法默认电能表各计量元件电量平衡,因此,在出现某一相失压时,可以通过其他正常计量元件的电量进行估算,下面以A相失压为例

$$P'_{\text{高}} = P_{\text{C}} \quad (3)$$

$$P'_{\text{低}} = P_{\text{B}} + P_{\text{C}} \quad (4)$$

式中: $P'_{\text{高}}$ 和 $P'_{\text{低}}$ 分别为失压期间对应的电能表计量电量。具体的失压时间,通过与用户沟通协商的形式确定。

因为默认各计量元件用电量平衡,因此可以算出

$$P_{\text{高}} = \frac{P_{\text{A}} + P_{\text{C}}}{P_{\text{C}}} \times P'_{\text{高}} = 2 \times P'_{\text{高}} \quad (5)$$

$$P_{\text{低}} = \frac{P_{\text{A}} + P_{\text{B}} + P_{\text{C}}}{P_{\text{B}} + P_{\text{C}}} \times P'_{\text{高}} = \frac{3}{2} \times P'_{\text{低}} \quad (6)$$

实际用电量与表计量电量之间的差额即为应追缴电量总和。

1.2 电流比估算法

通过电量估算的方法是默认各相元件用电平衡,但实际工作中,大部分都并非完全均衡,因此通过总体电量的估算并不十分准确。在供电公司引进电能信息采集系统之后,可以通过远程采集实现对电能表数据的读取,在某项电压缺失的情况下,依然可以读取电流数据,并且以15 min为一个周期进行冻结存储,通过各元件电流值间的比例进行估算,比电量直接估算更为准确。

通过电能信息采集系统,可以读取失压期间的各相电流值,求取各相电流平均值之比,代替原有的2或3/2,即可更为精确地进行估算。

$$\bar{I} = \frac{|I_1| + |I_2| + \dots + |I_n|}{n} \quad (7)$$

式中: $\bar{I}$ 为失压期间的电流平均值, $I_1 \sim I_n$ 为以15 min为区间的电流值。

公式(7)中的电流采用的是绝对值,这是因为电能表本身的内部设定导致失压状态下,电流的显示为反向。

计算公式如下

$$P_{\text{高}} = \frac{\bar{I}_{\text{A}} + \bar{I}_{\text{C}}}{\bar{I}_{\text{C}}} \times P'_{\text{高}} \quad (8)$$

$$P_{\text{低}} = \frac{\bar{I}_{\text{A}} + \bar{I}_{\text{B}} + \bar{I}_{\text{C}}}{\bar{I}_{\text{B}} + \bar{I}_{\text{C}}} \times P'_{\text{低}} \quad (9)$$

此种方法的 $P'_{\text{高}}$ 和 $P'_{\text{低}}$ 可通过查看电流变化节点进行估算判断。

1.3 安时比估算法

相对电量比估算法,电流比估算更加准确,尤其在三相电流不平衡时,在失压期间的确定上也有具体的依据,更有说服力。但是由于电能采集系统

是以15 min为一个周期进行冻结数据的,因此,不管是电流平均值还是失压时间都存在着一定的误差。

针对此种情况,本文提出了一种通过RS485接口对电能表内部数据进行读取的方法,将失压时间精确到秒,并且可以通过读取失压期间各相的安时值,代替原有的电流值进行计算,估算更为精确。

此种方法通过串接一个RS485/RS232数据转换器,实现电能表到计算机的三级数据转换,从而实现对电能表内部数据的读取,接线的示意图如图1所示。

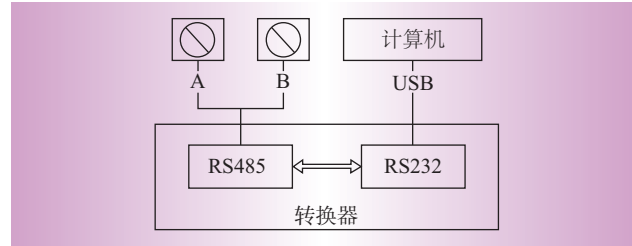


图1 接线示意图

物理接线后,根据DL/T 645—2007规约,与电能表内部实现交互通信。通过RS485数据连接,可以读取电能表内部上万组数据,追补电量所需数据包括:失压开始时间 $T_{\text{失压}}$;失压恢复时间 $T_{\text{恢复}}$;失压开始时刻总电量 $T'_{\text{失压}}$;失压恢复时刻总电量 $T'_{\text{恢复}}$;失压期间总安时数 $AH_{\text{总}}$;失压期间A相安时数 AH_{A} 。

此种方法可以精确计算失压期间的电能表计量电量,而且不必区分计量方式,如公式(10)所示

$$P' = P'_{\text{恢复}} - P'_{\text{失压}} \quad (10)$$

计算出 P' 之后,根据安时数的比例,可以计算出最终的应计电量,如公式(11)所示

$$P = \frac{AH_{\text{总}}}{AH_{\text{总}} - AH_{\text{A}}} \times P' \quad (11)$$

2 电能表内部数据读取

电力行业标准DL/T 645—2007对多功能电能表通信协议进行了规范,规定了多功能电能表与手持单元(HHU)或其它数据终端设备之间的物理连接、通信链路及应用技术规范。^[9]

3 案例测试与分析

为了验证各种追补电量方法的有效性,本文选取了实际使用中的表计进行实验测试。本次试验选取的表计为国网天津城西供电公司计量室办公楼所属高压电能表,型号为DTZ178三相四线智能电能表,精度0.5 s,倍率60。为了验证准确性,在试验过程中,通过串接电能表,实现对失压期间未计量电能的辅助测量。

本次试验时间为2016年7月26日上午开始,试验方式为打开电能表接线盒A相电压搭板以及电流搭板,外接辅助测量电能表,至2016年7月27日上午恢复原有接线。

3.1 电量比估算

根据采集系统显示26日9:30,A相电压数据降为0.4 V确认为失压,之后一直持续到27日9:00,恢复为225.3 V,由于表码数据为日冻结,因此只能采用2日0:00冻结数据,即1 702.94 kWh和1 711.42 kWh,估算过程如下

$$\begin{aligned} P' &= 1\,711.42\text{ kWh} - 1\,702.94\text{ kWh} = 8.48\text{ kWh} \\ P &= 8.48\text{ kWh} \times \frac{3}{2} = 12.72\text{ kWh} \\ (12.72 - 8.48)\text{ kWh} \times 60 &= 254.4\text{ kWh} \\ \text{即应追电量为} &254.4\text{ kWh。} \end{aligned}$$

3.2 电流比估算

根据采集系统显示26日9:30,A相电流变为-1.019,之后一直持续到27日9:00,电流恢复到1.107。将各节点的电流数据导出到excel,按照公式(7)进行计算,得出结果如下

$$\begin{aligned} \overline{I_A} &= 0.815 \\ \overline{I_B} &= 0.588 \\ \overline{I_C} &= 0.770 \end{aligned}$$

此种方法 P' 的计算与电量估算一致,因此计算追补电量为370.2 kWh。

3.3 安时比估算

首先根据DL/T 645—2007规约查看追补电量所需的数据标识及相关说明,以A相失压为例,如表2所示。根据表1所示的帧格式与电能表进行数据通信,读取所需信息。

数据显示,失压开始时间为2016年7月26日9:17:19,恢复时间为2016年7月27日8:47:47,与采集系统15 min的冻结数据信息吻合。

接下来读取失压开始及结束时刻电能表表码,用以计算 P' 。数据显示,失压开始时刻表码为1 707.06,恢复时刻为1 713.90,因此失压期间 $P' = 6.84\text{ kWh}$ 。

最后读取失压期间的总安时数 $AH_{\text{总}}$ 和失压相安时数 AH_A 。数据显示,总安时和A相安时分别为50.54和19.02。

根据公式(11)进行估算,应追电量247.8 kWh。

3.4 比较分析

根据辅助测试电能表显示的数据,本次试验全部失压期间共少计电量247.8 kWh,3种估算方法结果统计如表1所示。

由表1中可以看出,本文提出的安时比估算法距离实际少计电量最为接近,电量估算法其次,电流比最差。

表1 测试结果

估算方法	电量比法	电流比法	安时比法
估算电量/kWh	254.4	370.2	247.6
估算误差/kWh	6.6	122.4	-0.2
误差比例/%	2.66	49.40	-0.08

安时比算法与实际情况的误差是电压出现的波动导致的。正常的三相电使用中,虽然电流有时出现不平衡,但A、B、C三相的电压是基本维持平衡的,安时比的估算方法是默认电压平衡的情况下,利用电流和时间积分的比例进行估算,因此比其他方法更为可靠。但实际的情况是,各种外界因素导致电压有时会出现波动,因此估算的结果比实际情况存在少许误差。

电流比估算法在估算原理上比电量比更为科学和准确,之所以实际测试结果比电量估算误差大,有2个原因:一方面,2种方法都不能准确确定失压期间电表计量电量,即 P' ,只能通过日冻结数据来代替,这导致估算结果偏大;另一方面,电量估算的方法默认三相用电均衡,但失压相电量比非失压相平均电量要多,这导致电量比估算的结果偏小,而电流比估算结果不受影响。综合2个方面的因素,电量比估算法由于2方面误差相互抵消,因此更为接近实际情况。

另外需要说明的是,电量比和电流比估算法方法都需要电能信息采集系统的支持^[10],如果采集系统出现问题,则无法实现估算,而本文提出的安时比估算法则不受采集系统影响,可有效解决追补电量的问题。

3.5 结度中的应用

在电力计量的相关工作中,经常需要换表。更换表计之后,新的电能表从0 kWh开始计量,因此需要对旧的电能表进行电度结算,即结度。结度所需数据标识如表2所示。结度需要查看电能表内的有功总、有功尖、有功峰、有功平、有功谷以及正、反向无功等7项数据。正常情况下,以上7项数据均可

表2 结度所需数据标识

D3	D2	D1	D0	数据项名称
00	01	00	00	有功总
00	01	01	00	有功尖
00	01	02	00	有功峰
00	01	03	00	有功平
00	01	04	00	有功谷
00	03	00	00	正向无功
00	04	00	00	反向无功

注:以上7项,数据格式均为XXXXXX.XX,长度均为4。

通过电能表屏幕显示查看,但有时由于种种原因,电能表屏幕显示出现故障,导致无法顺利结度。

本文提出的方法是对电能表内部数据进行读取,因此对于结度同样有效。

4 结束语

本文提出了一种基于DL/T 645—2007的追补电量方法,通过读取电能表内部数据,实现对高压电能表失压状态的精确电量追补。此外,DL/T 645—2007还提供了其他内部数据的读取方式,在电能表屏幕故障时可以帮助读取电量数据,方便电费结算。D

参考文献:

- [1] 刘世成,韩笑,王继业,等. “互联网+”行动对电力工业的影响研究[J]. 电力信息与通信技术,2016,14(4): 27-34.
- [2] 李迪,耿亮,佟大力,等. 互联网与能源融合背景下电力信息通信领域的发展趋势和方向[J]. 电力信息与通

信技术,2015,13(7):1-7.

- [3] 刘桐然,刘士杰,常晓华,等. 电压互感器失压追补电量问题的探讨[J]. 电子测量技术,2011,34(5):82-84,110.
- [4] 丁鹏程,邓岳华,邓志海,等. 电能计量装置故障后追补电量计算方法探讨[J]. 电工技术,2013(4):22-24.
- [5] 陈劲游,彭昭煌,蔡春元. 三相电能表失压故障追补电量在线计算[J]. 电力系统自动化,2013,37(19):100-104,135.
- [6] 顾定军,孙妍,郑盈. 三相三线多功能电能表失压追补电量分析方法及启示[J]. 工业计量,2011,21(1):1-4,49.
- [7] 黄红桥,杨茂涛,王海元,等. 电能计量装置故障后追补电量的计算方法[J]. 中国计量,2017(5):118-120.
- [8] 杨峻松,龙翔林. 用电信息采集系统中的无线RS485中继器设计[J]. 电力信息与通信技术,2015,13(2):137-140.
- [9] 国家经济贸易委员会. 多功能电能表通信协议:DL/T645—2007[S].
- [10] 杨黄河,孙经,徐基前. 用电信息采集综合运维保障技术应用研究[J]. 电力信息与通信技术,2014,12(3):112-116.

(本栏责任编辑 徐文红)

(上接第55页)

(3) 三级指标评分分值=标准值×三级指标权重×二级指标权重,例如:售电企业“申报信息的真实性”的标准值为50,其权重为0.176 1,其上级指标“企业基础信息”权重为0.120 2,则“申报信息的真实性”指标的评分分值=50×0.120 2×0.176 1=1.058 4。

5 电力市场主体信用评级主标尺设计结果

评级主标尺的设计参照外部评级行业的国际标准,采用三级九等制,由高到低依次分为A、B、C 3个等级,每个等级又继续划分为3个级别,分别是AAA\AA\A,BBB\BB\B,CCC\CC\C,根据百分制标准,各信用等级的分值范围如下:AAA级:得分≥95分;AA级:90分≤得分<95分;A级:85分≤得分<90分;BBB级:80分≤得分<85分;BB级:75分≤得分<80分;B级:70分≤得分<75分;CCC级:65分≤得分<70分;CC级:60分≤得分<65分;C级:得分<60分。

其中,C级为违约级别,责令其退出电力交易市场。

6 结束语

贵州电力交易中心为完善电力市场主体信用

评价机制做出了积极务实的探索,电力市场化改革是一项长期开展,持续改进的工作,电力市场信用体系建设也将不断完善和改进。下一步应从优化信用评级指标、计量模型应用、评价落地等方面入手,积极发挥电力交易中心平台作用。在政府部门的指导下,进一步加强与行业协会、信用公司等等的合作,使电力市场信用评价工作更上一台阶,进而与国内国际信用评价工作接轨。D

参考文献:

- [1] 王玉萍,朱明,贵州电力市场主体市场化交易行为星级信用评级[J]. 电力大数据,2017(11):20-22.
- [2] 陈婷婷,姜健,张丽华. 基于Fuzzy AHP的电力客户信用等级评价[J]. 科技和产业,2013(5):107-109.
- [3] 张冬梅,曾忠禄. 德尔菲法技术预见的缺陷及导因分析:行为经济学分析视角[J]. 情报理论与实践,2009(8):24-27.
- [4] 梁新怀,信用电力渐行渐近——电力行业开展信用体系建设10周年纪实[J]. 中国电力企业管理,2018(1):60-65.
- [5] 电力企业信用评级规范:DL/T 1381—2014[S].
- [6] 电力行业供应商信用评级规范:DL/T 1383—2014[S].