

关口电能计量装置在线核查和随机监控的研讨

邢玉珍,王承民

(上海交通大学,上海 200000)

摘要 提出采用“高压电能计量在线核查和随机监控系统”解决电能计量专业长期以来难以开展的高压电能计量在线测试和随机监控。通过初步实验证明,采用这种在线核查和随机监控系统能够安全便捷的掌控在线运行高压电能计量装置的工作状态,为有效地开展在线运行高压电能计量装置计量结果的评定和考核提供了技术支持。

关键词 动态综合误差;互感器在线核查标准;期望值;控限值;在线核查;随机监控

中图分类号: TM933

文献标识码: B

文章编号: 1001-1390(2009)06-0047-04

Research on On-line Verification and Random Monitoring of Gateway Energy Metering Devices

XING Yu-zhen, WANG Cheng-min

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200000, China)

Abstract: This paper proposed that on-line verification and random monitoring system of high voltage energy metering was used to overcome the high-voltage on-line verification and random monitoring of energy metering, which had been difficult for measurement professional to carry out for a long time. The preliminary experiments prove that using the system can obtain the working situation of on-line energy metering devices, which will provide technical support for evaluation and assessment of measurement results.

Key words: dynamic comprehensive error, transformers online verification standards, expectations, control limits, online verification, random monitoring

0 引言

关口电能计量装置是发电公司与电网公司、电网公司与供电公司、供电公司与电力用户之间进行公平公正贸易结算和正确计算、考核各自电力系统内部技术经济指标的法定计量器具。因此,如何保证关口在线运行的电能计量装置测量结果的准确性和可靠性,始终是人们关注的主要焦点。

近年来,国内厂家相继推出 WDX—9000 电能表误差多路远程监测系统、890 系列计量装置远程监测系统和 HD—JLZX 电能计量在线监测系统,上述这三种不同形式的在线电能计量监测系统存在两个共性问题。

(1)只能对电能计量装置其中一部分(电能表)或两部分(电能表和 TV 二次回路压降)的误差进行监测,却不具备对电能计量装置中重要组成部分——互感器的误差监测,即不具备互感器工作标准。大家知

道,电能计量装置的任何一部分或两部分的误差都不能做为判断该装置整体计量结果准确性和可靠性的依据。

(2)安装在各监测终端的三相标准电能表的周期检定问题,已成为该系统有效应用的障碍。

经过多年来不断研究探索,本文提出采用“高压电能计量在线核查和随机监控系统”来解决这个电能计量专业的“老、大、难”关键技术课题,现将其方法简要概述如下。

1 电能计量在线核查系统的建立和功能

1.1 在线核查系统的建立^[1]

本系统研制的关键在于如何建立高压计量用互感器在线核查标准(以下简称互感器在线核查标准)。核查标准是指“用于确保日常测量工作正确进行的工作标准^[2]。”所谓“在线核查标准”是引用的“核查标准”这一新概念并加以扩展而提出来的。互感器在线核查

标准是与在线运行计量用互感器的电压等级相同、变比相同且能够长期在线运行的安装式工作标准互感器。

互感器在线核查标准可分为如下两种类型：

一种是无补偿器的。由厂家在安装式互感器原有二次绕组之外，另增设一个与其变比相同的 0.1 (0.05) 级 5VA 的专用绕组直接作为互感器在线核查标准。它适用于 10~35kV 组合式和分离式高压计量用互感器。

另一种是有补偿器的。由厂家在安装式互感器原有二次绕组之外，另增设一个与其变比相同的 0.2 级 10VA 在线核查专用绕组，经过互感器误差自动跟踪补偿器，使其达到并保持 0.1(0.05) 准确等级，以此作为互感器在线核查标准。采用互感器误差自动跟踪补偿器的互感器在线核查标准，其误差具有相当的可调性和足够的稳定性。当其补偿器失效后，只是使其恢复到原有的准确度，并对电力系统运行的可靠性没有任何影响。它适用于 63kV 及以上分离式或组合式高压计量用互感器。

以上两种互感器在线核查标准可以分为三相组合式、单相组合式和专用式、公用式等。

采用这种具有自校功能的附在线核查标准的高压计量专用组合互感器(见图 1)，为建立在线核查系统的可行性奠定了坚实的基础。

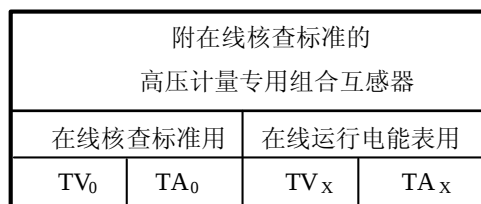


图 1 在线核查标准的高压计量专用组合互感器示意框图

Fig.1 The dedicated combination transformer of high-voltage metering for online verification standards

电能计量在线核查系统示意框图如图 2 所示。它是由便携式多功能电能计量在线核查仪(集合电能表和互感器现场检验仪两种功能)、电压和电流互感器在线核查标准(TV₀ 和 TA₀)、核查专用导线插件和接线部件(J₀₁、J₀₂ 和 J_{x1}、J_{x2})、定值专用二次回路导线和脉冲取样专用导线等五部分构成。

1.2 在线核查系统的功能

在线核查系统除了能够实时测试在线运行电能计量装置的动态综合误差及其标准不确定度外，还具有强大的核查功能和测试功能，如果实测计量结果的动态平均误差及其标准不确定度组成的动态综合误差期望值超过规定要求时，则应按下列方法对其进行分部在线核查：

(1)若将在线核查仪专用导线插件分别对应接入专用接线部件 J_{x2} 时，则可测得在线运行电能表的动态平均误差及其标准不确定度；

(2)若将在线核查仪专用导线插件分别对应接入专用接线部件 J_{x1} 时，则可测得在线运行电能表与 TV_x 二次回路压降率的动态平均合成误差；

(3)TV_x 二次回路压降率的动态平均误差=(2)误差-(1)误差；

(4)TV_x 与 TA_x 动态平均合成误差=实测动态平均综合误差-(1)误差-(3)误差。

除了具有上述在线核查功能之外，还可根据工作需要对其每组(相)电压互感器及其二次回路导线压降和电流互感器实际负荷下动态误差特性进行下列在线核查：

(1)若将在线核查仪专用导线插件(U_x、U₀)分别对应接入专用接线部件 J_{x2}(TV_x)和 J₀₂(TV₀)时，则可测得 TV_x 在其二次回路实际负载下的动态平均比差和角差；

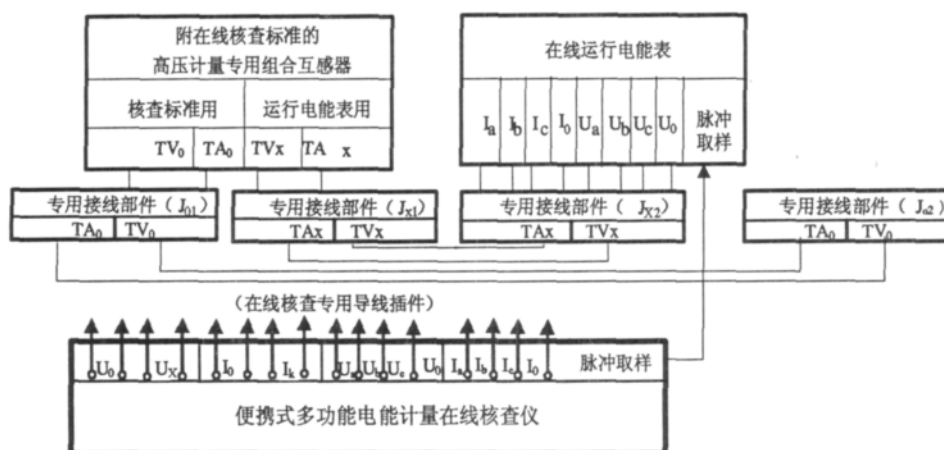


图 2 电能计量在线核查系统示意框图

Fig.2 Power metering online verification system

(2)若将在线核查仪专用导线插件(U_X 、 U_0)分别对应接入专用接线部件 $J_{X2}(TV_X)$ 和 $J_{X1}(TV_X)$ 时,则可测得 TV_X 二次回路压降的动态平均比差、角差及其压降率;

(3)若将在线核查仪专用导线插件(I_X 、 I_0)分别对应接入专用接线部件 $J_{X2}(TA_X)$ 和 $J_{X1}(TA_0)$ 时,则可测得 TV_X 在其二次回路实际负载下的动态平均比差和角差;

(4)若将在线核查仪专用导线插件(U_X 、 U_0)分别对应接入专用接线部件 $J_{02}(TV_0)$ 和 $J_{01}(TV_0)$ 时,则可测得 TV_0 二次回路压降的动态平均比差、角差及其压降率;

2 随机监控系统建立和试行

控制图是受控制过程的图象显示技术,它是确定控制过程是否受控的直观依据。利用控制图可以直观地反映出过程的变动性,并及时检查出变动的原因。只要从控制图上观察到所有变动性都是随机的,那就确保了过程是处于最佳状态,是受控的。

控制图是将一系列被测得的参数值点(纵坐标)、作为时间(横坐标)的函数,标注在以中心线和上下限控制线所构成的直角坐标图上。正常情况下绝大多数测得的参数值点均应落在此控制线范围之内。

在计量质量保证方案(MAP)^[3]中使用的控制图形式有:单组测量值控制图、平均值控制图、组内标准偏差控制图、极差控制图等。大家知道,动态综合误差及其标准不确定度是衡量在线运行关口电能计量装置实际计量结果的主要指标,因此,我们选定建立电能计量动态综合误差期望值控制图作为随机监控工具并选点试行。

2.1 动态综合误差期望值控制图的建立

动态综合误差期望值控制图是由监控时间(次数/年度)为横坐标,以动态综合误差期望值为纵坐标,和以误差基准线为中心线(实线),以两条弹性控制限值(虚线)为上下限的直角坐标图,见图 3。

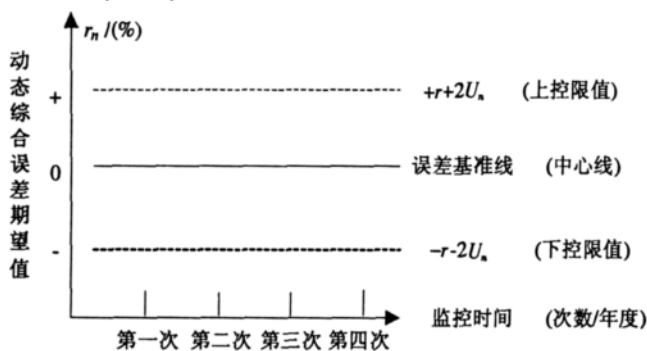


图 3 动态综合误差期望值控制图
Fig.3 The contrl chart of dynamic comprehensive error expectations

动态综合误差期望值控制图(见图 3)中:

(1)动态综合误差期望值 r_n 为:

$$r_n = \bar{r}_n \pm k U_n$$

式中 $\bar{r}_n$ 为 n 个动态综合误差实测值的算术平均值,即: $\bar{r}_n = (r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n) / n$; U_n 为相对标准不确定度,是 n 次重复性测量所得误差数据平均值的实验标准差。所谓测量不确定度就是“表征合理地赋予被测量值的分散性,与测量结果相联系的参数”^[4]。标准不确定度就是以“标准差表示的测量不确定度”,即:

$$U_n = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r}_n)^2 \right\}^{1/2} / \sqrt{n}$$

式中 r_i 为第 i 次动态综合误差实测值。

$k U_n$ 为扩展不确定,所谓扩展不确定度就是“确定测定结果区间的量,合理赋予被测量之值分布的大部分可望含于此区间,亦称为范围不确定度”^[5]。按通常情况考虑,取包含因子 $k=2$,则其动态综合误差扩展不确定度 $k U_n = 2 U_n$ 。

(2)动态综合误差控制限值 r_{kx} 为:

$$r_{kx} = \pm r (\dots) \pm k U_n$$

式中 $r (\dots) + k U_n$ 为上控限值; $-r (\dots) - k U_n$ 为下控限值。

关于各类别电能计量装置综合误差规定值 $r (\dots)$,SD109-83 电能计量装置检验规程早已明确。鉴于当前各类别电能计量装置配置水平的提高,建议对其综合误差规定值做相应修改,如表 1 所示。

表 1 综合误差规定值修改方法

Tab.1 The method to amend comprehensive error provides vallue

电能计量装置类别	原规程综合误差规定值 ξ	修改后综合误差规定值 r
I	± 0.7	± 0.40
II	± 1.2	± 0.7
III	± 1.2	± 1.2

由于关口电能计量装置类别不同,加之对同一类别的电能计量装置动态综合误差期望值,每次在线核查实测值都不可能是相同的,因此,这种动态综合误差控制限值具有弹性浮动的特点。

2.2 综合误差期望值控制图的试行

例如 2008 年 4 月 17 日,对某类电力用户的关口在线运行高压电能计量装置动态综合误差期望值进行第三次在线核查和随机监控。通过 3($n=3$)次脉冲取样检验,得到其动态综合误差实测值分别为: $r_1 = -0.3\%$ 、 $r_2 = -0.4\%$ 、 $r_3 = 0.1\%$ 。

首先将该用户这次在线核查监控数据,分别代入

相应公式进行计算。

(1) 动态综合误差算术平均值 $\bar{r}_n$

$$\begin{aligned}\bar{r}_n &= (r_1 + r_2 + r_3) / 3 \\ &= [(-0.3) + (-0.4) + 0.1] / 3 \\ &= -0.2 (\%) \end{aligned}$$

(2) 动态综合误差平均值标准不确定度 U_n

$$\begin{aligned}U_n &= \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r}_n)^2 \right\}^{1/2} / \sqrt{n} \\ &= \left\{ \frac{1}{3-1} [(-0.3+0.2)^2 + (-0.4+0.2)^2 + (0.1+0.2)^2] \right\}^{1/2} / \sqrt{3} \\ &= 0.15 (\%) \end{aligned}$$

(3) 动态综合误差期望值 $\bar{r}_n$

$$r_n = \bar{r}_n \pm 2U_n = -0.2 \pm 0.30 (\%)$$

取最大可能误差 $r_n = -0.50 \%$

(4) 动态综合误差控制限值 r_{kx}

$$r_{kx} = \pm r_{10} \pm 2U_n = \pm 0.7 \pm 0.50 (\%)$$

即: 上控限值 $r_{kx} = +1.2 (\%)$; 下控限值 $r_{kx} = -1.2 (\%)$

然后将上述求得的在线核查监控数据 $r_{kx} = \pm 1.2 (\%)$ 、 $r_n = -0.50 (\%)$ 相应填入图 3, 即可绘制出第三次动态综合误差期望值控制图如图 4 所示。

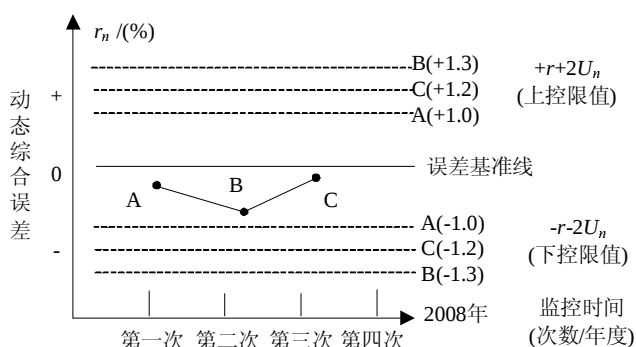


图 4 某 II 类电力用户关口电能计量装置动态综合误差期望值控制图

Fig.4 The dynamic comprehensive error expectations control chart of a gateway power metering device

从图 4 可一目了然,第三次(C 点)与第一次(A 点)、第二次(B 点)动态综合误差期望值,虽然各不相同,但是这三个点连成的折线仍处在弹性控限范围内。因此可以说,在此期间内,该 II 类电力用户关口

在线运行电能计量装置是受控的,其电能计量结果的准确性和可靠性能够得到保证。

如果 C 点期望值超出其弹性控限值范围时,可将其 $n=3$ 增加到 $n=5$ 或 $n=10$ 。若后者测得期望值在其弹性控限值范围内,则应取后者,剔除前者;若后者测得期望值仍超出其弹性控限值范围,则应对该在线运行电能计量装置进行分部在线核查,找出原因,排除故障,使其处于受控状态。

3 结束语

总之,我们通过采用“高压电能计量在线核查和随机监控系统”对各类在线运行计量装置计量结果给予较为科学、合理地评定和考核。通过初步实验证明,这是解决长期困惑电能计量专业关键技术课题的一条安全可靠、简捷可行的有效途径。我们相信,伴随着我国量值传递改革的进展和在线核查监控系统的改进完善与使用推广,将会有力地推进我国高压电能计量装置现场检验劳动强度的改善、技术手段与装备的更新和现场检验水平的提高。

为此,我们提出以下建议:将 SD109-83《电能计量装置检验规程》中关于电能计量装置综合误差的规定值修改后纳入 DL/T448-2000《电能计量装置技术管理规程》中,以便对在线运行的高压电能计量装置的整体性能有个综合、科学的评价。

参考文献

- [1] 李来伟. 高压电能计量装置测量结果在线核查测试系统的研制[C]. 北京: 全国电力系统综合测量技术学术会议论文集, 1996: 12-14.
- [2] JJF1001-1998, 通用计量术语及定义[S].
- [3] 王立吉. 计量质量保证方案[M]. 北京: 中国计量出版社, 1992. 12.
- [4] JJF1001-1998, 通用计量术语及定义[S].
- [5] JJF1001-1998, 通用计量术语及定义[S].

作者简介:

邢玉珍(1966-), 女, 高级工程师, 从事电能计量检定和技术监督管理工作, 研究方向为电力系统优化和规划、电力市场等。

Email: wew2929@vip.sina.com

王承民(1970-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为电力系统优化和规划、电力市场等。

收稿日期: 2009-02-10

(杨长江 编发)