



工程与应用

三相三线电能表错接线远程判断

王淑云, 李新家, 李春永, 严永辉, 于怡
(江苏方天电力技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘 要: 电能计量是电力企业与用户进行电能核算的数据基础, 其计量准确性与企业 and 用户的利益息息相关。错接线检查是保证电能计量装置正确计量的重要环节。针对三相三线电能计量装置的接线特点, 分析电能表测量数据与不同接线形式之间的关系, 将测量电流与测量电压间夹角取值范围与接线形式的对应关系归纳成表格, 实现了对三相三线电能表接线形式的快速判断。在此基础上, 将三相三线电能表错接线的理论判断方法转化为算法模型, 设计出基于电能表测量数据自动接线判断系统软件。该系统以远程自动判别取代人工周期性现场巡检, 在大幅提高错接线判断效率的同时, 也极大地节省了人力物力。

关键词: 三相三线; 电能表; 错接线; 远程研判

中图分类号: TM933

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025148

Remote judgment of three-phase three-wire electric energy meter wrong wiring

WANG Shuyun, LI Xinjia, LI Chunyong, YAN Yonghui, YU Yi
Jiangsu Fangtian Power Technology Co.,Ltd, Nanjing 211102, China

Abstract: As the data base of electric energy accounting between electric power enterprises and users, the accuracy of electric energy measurement is closely related to the interests of enterprises and users. The wrong wiring check is an important link to ensure the correct measurement of electric energy metering device. The wiring characteristics of three-phase three-wire energy metering devices were analyzed, and the relationship between the meter's measurement data and different wiring configurations was examined. The correspondence between the range of phase angles between measured current and voltage and the wiring configurations was summarized into a table, enabling rapid identification of wiring modes in three-phase three-wire energy meters. Based on this, the theoretical method for detecting incorrect wiring was transformed into an algorithmic model, and an automated wiring judgment system software was designed using the meter's measurement data. This system replaced manual periodic on-site inspections with remote automatic detection, significantly improving the efficiency of incorrect wiring identification while greatly reducing labor and material costs.

Key words: three-phase three-wire, electric energy meter, wrong wiring, remote judgment



0 引言

电能作为现代社会不可或缺的核心能源,其稳定供应与精确计量直接关系到国民经济各领域的正常运行。近年来,随着电力行业的快速发展,电网中接入的电能计量装置数量呈显著增长趋势。然而,在长期运行过程中,电能计量装置可能产生多种类型的计量误差。其中,相较于表盘潜动、读数误判等轻微误差,接线错误导致的计量偏差可达数倍之多^[1-3]。作为供电企业与用户间电量结算的关键设备,电能计量装置的准确性直接影响双方的经济利益,因此,对在运装置进行周期性接线检查具有重要的现实意义。需要特别指出的是,与失压、失流或表计反转、停转等直观异常现象相比,由接线错误引发的表计快转、慢转等隐蔽性故障往往更难被及时发现和识别。

在电能表中,单相电能表接线简单,出现错误容易排查,且一般都是用于计量普通用户,用电量不大;而三相电能表往往需经互感器接入,接线较为复杂,多用于计量专变用户或工商业用电,错接线造成的损失更大,因此如何高效地查找发生错接线的三相电能表是电力行业的重要研究课题。文献[4-5]通过具体案例分析了2种错接线事件的特点和识别方法;文献[6]给出了现场检查三相三线电能表错接线的方法;文献[7]基于电能表各计量元件间相位角度的现场计量,提出了一种通过整体旋转相量图判断三相三线计量装置在感性、容性负载下接线关系的方法;文献[8]提出使用查表对照的方法判断错接线;文献[9]则更进一步设计出了用于现场接线检查的自动测试仪;文献[10]利用电力大数据来大规模排查表计串户差错;而文献[11-12]同样利用电力大数据,设计了一种判断错接线的算法,利用软件对三相电能表进行错接线判断;文献[13-14]特别对电压/电流互感器极性接反的特殊错接线情况进行分

析;文献[15]给出了在电流互感器与电能表接线准确的情况下,利用远程电表输出数据判断电压错接线的方法。

三相电能表分为三相三线电能表与三相四线电能表,高压计量一般采用三相三线电能表。三相三线电能表需要经互感器接入^[16],接线相对复杂,产生的接线种类繁多,包括电压相序、电压极性、电流相序、电流极性、电流串接等不同情况组合出来的数十种结果。目前,大部分研究只针对其中的部分接线情况进行了探讨。同时,尽管有部分研究提出了理论判断方法,但是实际进行错接线判断需要的数据过多,部分还需要现场测量,使用起来并不方便。虽然也有学者设计出了用于错接线判断的算法模型,但是判断准确率不够高,且对于一些特殊接线情况,还会出现错判。

综上所述,现有的三相三线电能表错接线判断方法存在错接线种类覆盖不全面、应用条件限制多、判断准确率不高等问题,在实际应用中并不方便。因此,本文针对三相三线电能表错接线的发生机理,分析了不同接线形式下电压电流的表现特点,提出了基于三相三线电能表测量数据的远程错接线判断方法,并根据判别原理设计了相应的算法软件,实现了对在运三相三线电能表的远程自动研判。相比于传统的错接线判断方法,本文提出的方法有以下创新点。

(1) 使用角度和、角度差的取值范围来判断接线类型,避免了估计用户功率因数角造成的误判。

(2) 将错接线判断方法归纳总结成表格形式,方便使用系统软件进行自动判别,节省了大量人力物力。

1 错接线判别原理

1.1 错接线判断方法

三相三线电能表又被称为二元件电能表,

其中,第一元件测量A、B两相间的电压 U_{ab} 与A相电流 I_a ,第二元件测量C、B两相间的电压 U_{cb} 与C相电流 I_c ,其正确接线形式可表示为 $U_a-U_b-U_c, I_a/I_c$ (后文用A-B-C的简写形式表示电压相序 $U_a-U_b-U_c$)。经理论分析可知,三相三线电能表的接线方式存在以下组合可能性:

(1) 电压相序: A-B-C、B-C-A、C-A-B、A-C-B、C-B-A、B-A-C 6种排列组合。

(2) 电流相序: I_a/I_c 或 I_c/I_a 2种组合

(3) 电流极性: 正正、正负、负正、负负 4种状态。

上述参数的排列组合可衍生出48种基本接线形式,若考虑压变反极性及电流串接等特殊工况,实际接线情况可能更为复杂。当计量回路发生基本接线错误时,电压电流的幅值测量结果通常保持不变,此时需通过分析电压与电流之间的相位关系来诊断接线异常。目前检查人员通常根据现场校验仪绘制的负荷相量图,结合用户负荷性质,对计量装置的接线方式进行判断。

判断三相三线电能表接线方式的一般步骤如下。

步骤1 测量电压,判断电压相序,检查电压互感器是否反接。

步骤2 测量电流,检查电流互感器是否反接。

步骤3 测量相位角,确定测量电压与测量电流之间的夹角。

步骤4 绘制相量图,标出相电压、线电压与相电流。

步骤5 结合用户的功率因数角判断相电压与相电流的从属关系。

步骤6 给出三相三线电能表的接线形式。

1.2 接线形式与角度的对应关系

以感性负荷用户(用户功率因数角在 $0^\circ \sim$

60°)的正确接线形式为例,其相量图如图1所示。由图1可以看出,在负荷性质确定的正确接线形式下,一元件的测量电压 U_{12} (U_{ab})与测量电流 I_1 (I_a)之间的角度 α 有确定的取值范围 $[30^\circ, 90^\circ]$ (阴影区域),二元件的测量电压 U_{32} (U_{cb})与测量电流 I_3 (I_c)之间的角度 β 也有确定的取值范围 $[-30^\circ, 30^\circ]$ (阴影区域)。事实上,在用户负荷性质确定后,所有基础错接线形式的测量电压与测量电流间夹角 α 、 β 的取值区间均具有确定性特征。因此,基于相位角特征值与接线形式的映射关系,可建立完整的三相三线电能表接线诊断判据体系。

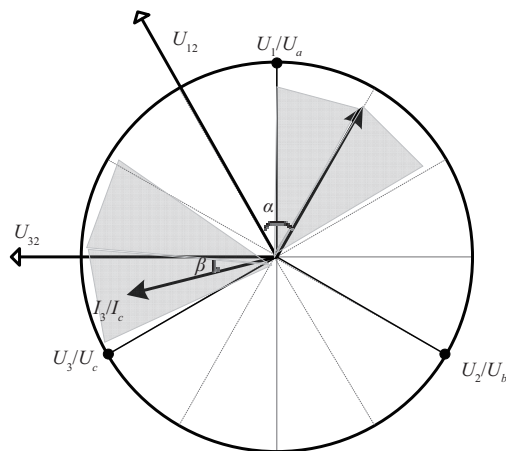


图1 感性负荷下的三相三线电能表正确接线相量图

为优化接线诊断的准确性,本文在保持原有参数体系的基础上,进一步建立了相位角组合特征量与接线形式的映射关系。该方法通过引入相位角和差运算,有效降低了负荷功率因数角估算偏差导致的误判风险。为了方便起见,将角度 α 、 β 及其差/和值进行区间定义,如无特殊说明,按区间标识值定义。 α 值、 $\alpha-\beta$ 值、 $\frac{\alpha+\beta}{2}$ 值区间标识定义分别见表1、表2、表3。注意 α 与 $\alpha-\beta$ 的取值范围为 $[0^\circ, 360^\circ]$, $\frac{\alpha+\beta}{2}$ 的取值范围为 $[0^\circ, 180^\circ]$,计算时若角度值超出规定区间,需对 360° 或 180° 取余。

表1 α 值区间标识定义

区间标识	α 值区间	区间码
30°	[0°, 75°]或[345°, 360°]	A
90°	[45°, 135°]	B
150°	[105°, 195°]	C
210°	[165°, 255°]	D
270°	[225°, 315°]	E
330°	[285°, 360°]或[0°, 15°]	F

表2 $\alpha-\beta$ 值区间标识定义

区间标识	$\alpha-\beta$ 区间	区间码
0°	(330°, 360°]或[0°, 30°)	A
60°	[30°, 90°]	B
120°	(90°, 150°)	C
180°	[150°, 210°]	D
240°	(210°, 270°)	E
300°	[270°, 330°]	F

表3 $\frac{\alpha+\beta}{2}$ 值区间标识定义

区间标识	$\frac{\alpha+\beta}{2}$ 区间	区间码
0°	[150°, 180°]或[0°, 30°]	A
60°	(30°, 90°]	C
120°	(90°, 150°)	E
30°	[0°, 60°)	B
90°	[60°, 120°]	D
150°	(120°, 180°)	F

本方法首先判断电能表是否发生串接,再根据角度 $\alpha-\beta$ 取值区间与串接方式的对应关系,见表4,判断 α 、 β 的角度差是否在限定的区间(需同时满足相序条件)。若 $\alpha-\beta$ 满足表4的条件且测量电流大小满足 $||I_1|-|I_3||<0.002$,则判定电能表发生了串接。

表4 角度 $\alpha-\beta$ 取值区间与串接方式的对应关系

$\alpha-\beta$	电压相序	接线分类	接线方式
(60±1)°	逆相序	电流串接	C-B-A, I_a-I_c/I_a-I_c
(240±1)°	逆相序	电流串接	C-B-A, I_a-I_c/I_c-I_a
(120±1)°	顺相序	电流串接	A-B-C, I_a-I_c/I_c-I_a
(300±1)°	顺相序	电流串接	A-B-C, I_a-I_c/I_a-I_c

若电能表未发生串接,则根据电能表的相序查询,依次按照角度差 $\alpha-\beta$ 、角度和 $\frac{\alpha+\beta}{2}$ 及 α 值的取值范围查找表格中对应的接线方式,判断三相三线电能表的接线类型。顺相序下角度 α 、 β 差/和区间与接线方式的对应关系见表5,逆相序下角度 α 、 β 差/和区间与接线方式的对应关系见表6。需要注意的是,虽然逆相序C-B-A, I_c/I_a 是错接线,但其计量结果正确,因此这里将它归类为正确接线。

1.3 实例

下面举例说明如何利用上面的表格判断三相三线电能表的接线形式:某三相三线电能表的A相与C相电压都为100.4 V、A相电流为-1.358 A、C相电流为1.341 A、角度 α 为230°、角度 β 为330°、相序为顺相序。经计算 $\alpha-\beta=-100°$,对360°取余得260°,属于240°区间; $\frac{\alpha+\beta}{2}=280°$,对180°取余得100°,属于90°区间;角度 α 属于210°区间;查表5可知该三相三线电能表A相电流反接,接线形式为A-B-C, $-I_a/I_c$ 。

2 算法设计

2.1 数据采集

为实现三相三线电能表接线异常的远程诊断,需要采集以下关键电气参数:电流曲线、分相有功功率曲线、分相无功功率曲线、电表相序状态字。这些数据项均可从电力用户用电信息采集系统中远程获取。

2.2 数据筛选

首先,检查获取的数据项是否齐全,将曲线

表5 顺相序下角度 α 、 β 差/和区间与接线方式的对应关系

$\alpha - \beta$	$\frac{\alpha + \beta}{2}$	α	接线分类	接线方式
300°	作为逆相序处理		压变反极性, +逆相序接线分类	
60°	0°	30°	正确接线中性负荷	A-B-C, I_a/I_c
	[135°, 180]或[0°, 45°]	[330°, 360]或[0°, 90°]		
		210°	电流反向	A-B-C, $-I_a/-I_c$
		[150°, 270°]		
	60°	270°	电压跨相	B-C-A, I_a/I_c
	(45°, 90°]	(240°, 315°)		
		90°	正确接线感性负荷	A-B-C, I_a/I_c
		$\alpha \in (60^\circ, 120^\circ)$		
		$\beta \in (0^\circ, 60^\circ)$		
		90°	电压跨相电流反向	B-C-A, $-I_a/-I_c$
		$\alpha \in [120^\circ, 135^\circ]$		
		$\beta \in [60^\circ, 75^\circ]$		
180°	120°	150°	电压跨相	C-A-B, I_a/I_c
	(90°, 135°)	(105°, 180°)		
		330°	正确接线容性负荷	A-B-C, I_a/I_c
		$\alpha \in (300^\circ, 360^\circ)$		
		$\beta \in (240^\circ, 300^\circ)$		
		330°	电压跨相	C-A-B, $-I_a/-I_c$
		$\alpha \in [285^\circ, 300^\circ]$		
		$\beta \in [225^\circ, 240^\circ]$		
	0°	270°	电流跨相	A-B-C, I_c/I_a
		90°	电流跨相反向	A-B-C, $-I_c/-I_a$
	60°	150°	电压跨相电流跨相	B-C-A, I_c/I_a
		330°	电压跨相电流跨相反向	B-C-A, $-I_c/-I_a$
240°	120°	30°	电压跨相电流跨相	C-A-B, I_c/I_a
		210°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $-I_c/-I_a$
	30°	330°	电压跨相电流反向	C-A-B, $-I_a/I_c$
		150°	电压跨相电流反向	C-A-B, $I_a/-I_c$
	90°	210°	电流反向	A-B-C, $-I_a/I_c$
		30°	电流反向	A-B-C, $I_a/-I_c$
	150°	90°	电压跨相电流反向	B-C-A, $-I_a/I_c$
		270°	电压跨相电流反向	B-C-A, $I_a/-I_c$
	30°	210°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $-I_c/I_a$
		30°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $I_c/-I_a$
	90°	90°	电流跨相反向	A-B-C, $-I_c/I_a$
		270°	电流跨相反向	A-B-C, $I_c/-I_a$
0°	150°	330°	电压跨相电流跨相反向	B-C-A, $-I_c/I_a$
		150°	电压跨相电流跨相反向	B-C-A, $I_c/-I_a$
	30°	210°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $-I_c/I_a$
		30°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $I_c/-I_a$
	90°	90°	电流跨相反向	A-B-C, $-I_c/I_a$
		270°	电流跨相反向	A-B-C, $I_c/-I_a$
	150°	330°	电压跨相电流跨相反向	B-C-A, $-I_c/I_a$
		150°	电压跨相电流跨相反向	B-C-A, $I_c/-I_a$
	30°	210°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $-I_c/I_a$
		30°	电压跨相电流跨相反向	C-A-B, $I_c/-I_a$
	90°	90°	电流跨相反向	A-B-C, $-I_c/I_a$
		270°	电流跨相反向	A-B-C, $I_c/-I_a$
120°	0°	[0°, 120°]	正确接线负荷不对称	A-B-C, I_a/I_c
	[135°, 180]或[0°, 45°]	[180°, 300°]	负荷不对称, 电流反向或跨相	A-B-C, $-I_a/-I_c$ (A-B-C, I_c/I_a)
	90°	(90°, 210°)	压变反极性, +逆相序接线分类	
	(45°, 135°)	(270°, 360°)或(0°, 30°)	压变反极性, +逆相序接线分类	



数据按时刻点对应组合,剔除数据项不全的数据组。其次,检查数据是否有效,将明显超出电流与功率合理区间的数据组剔除。最后得到的就是有效数据组,可用于后续的错接线判断。

2.3 计算电压与电流间的角度

在实际测量中,三相三线电能表的测量数据中并没有包含测量电压与测量电流之间的相位角,因此需要通过其测量的有功功率与无功功率数据来计算测量电压与测量电流间的夹角,具体计算表达式如下:

$$\alpha = \begin{cases} 360^\circ + \arctan \frac{Q_1}{P_1}, |P_1| \geq |Q_1|, P_1 > 0, Q_1 < 0 \\ 0^\circ + \arctan \frac{Q_1}{P_1}, |P_1| \geq |Q_1|, P_1 > 0, Q_1 \geq 0 \\ 90^\circ - \arctan \frac{P_1}{Q_1}, |P_1| < |Q_1|, Q_1 > 0 \\ 180^\circ + \arctan \frac{Q_1}{P_1}, |P_1| \geq |Q_1|, P_1 < 0 \\ 270^\circ - \arctan \frac{P_1}{Q_1}, |P_1| < |Q_1|, Q_1 < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$\beta = \begin{cases} 360^\circ + \arctan \frac{Q_2}{P_2}, |P_2| \geq |Q_2|, P_2 > 0, Q_2 < 0 \\ 0^\circ + \arctan \frac{Q_2}{P_2}, |P_2| \geq |Q_2|, P_2 > 0, Q_2 \geq 0 \\ 90^\circ - \arctan \frac{P_2}{Q_2}, |P_2| < |Q_2|, Q_2 > 0 \\ 180^\circ + \arctan \frac{Q_2}{P_2}, |P_2| \geq |Q_2|, P_2 < 0 \\ 270^\circ - \arctan \frac{P_2}{Q_2}, |P_2| < |Q_2|, Q_2 < 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $\arctan \frac{Q_1}{P_1}$ 与 $\arctan \frac{P_2}{Q_2}$ 的取值范围为 $[-45^\circ, 45^\circ]$, P_1 、 Q_1 是一元件有功功率与无功功率, P_2 、 Q_2 是二元件有功功率与无功功率。得到角度 α 、 β 后,接着计算它们的差值与和值,并判断其所属区间范围。

2.4 接线判断

针对判断得到的电压相序、电流值与角度的区间标识,按表5、表6开展接线形式判别,如果接线正确(包括发现串接)则本次判别结束。否则,依次取下一时刻点数据继续判别。

如果所有时刻点数据均不满足接线正确条件,则以负荷最大时刻的结论作为本次判别结论。负荷最大值时刻点定义为:将日数据曲线按时刻点组合后,对每组数据取两相电流最小值,即 $\min(|I_1|, |I_3|)$,在所有时刻点分相电流最小值中取最大电流值对应的时刻点作为全天最大负荷时刻点。三相三线电能表系统判别流程如图2所示。

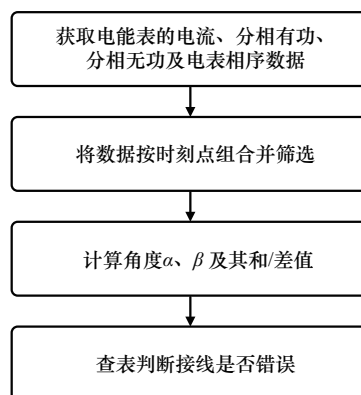


图2 三相三线电能表系统判别流程

3 应用与前景

3.1 现场应用

为验证软件系统的实际效果,选取江苏某区域的高压用户电能计量装置进行接线判断。该区域共有三相三线电能表1 255只。将某日测量的96点电流、分相有功、分相无功与相序状态字数据导入软件系统,系统对电能表数据进行组合筛选后,剔除了不满足数据判断条件的218只电能表,对剩下的电能表进行错接线判别。系统判断结果如下:接线正确电能表共1 031只,接线异常电能表6只,分别为潮流反向1只、失压1只、电流跨相1只、电流跨相反向3只。经计量人员现场核查发现,被系统判断为错接线的6只电能表中仅有2只因为用户特殊负荷性质判断错误,其余判断全部正确,系统判断准确率高达99.8%。

表6 逆相序下角度 α 、 β 差/和区间与接线方式的对应关系

$\alpha - \beta$	$\frac{\alpha + \beta}{2}$	α	接线分类	接线方式
60°	作为顺相序处理		压变反极性, +顺相序接线分类	
300°	0°	330°	正确接线 中性负荷	C-B-A, I_c/I_a
	[135°, 180°]或[0°, 45°]	[270°, 360°]或[0°, 30°]	电流反向	C-B-A, $-I_c/-I_a$
		150°		
		[90°, 210°]		
	60°	210°	电压跨相	A-C-B, I_c/I_a
	(45°, 90°]	(180°, 255°)		
		30°	正确接线感性负荷	C-B-A, I_c/I_a
		$\alpha_1 \in (0^\circ, 60^\circ)$		
		$\alpha_3 \in (60^\circ, 120^\circ)$		
		30°	电压跨相电流反向	A-C-B, $-I_c/-I_a$
		$\alpha_1 \in (60^\circ, 75^\circ)$		
		$\alpha_3 \in (120^\circ, 135^\circ)$		
	120°	90°	电压跨相	B-A-C, I_c/I_a
	(90°~135°)	(45°, 120°)		
		270°	正确接线容性负荷	C-B-A, I_c/I_a
		$\alpha_1 \in (240^\circ, 300^\circ)$		
		$\alpha_3 \in (300^\circ, 360^\circ)$		
		270°	电压跨相电流反向	B-A-C, $-I_c/-I_a$
		$\alpha_1 \in (225^\circ, 240^\circ)$		
		$\alpha_2 \in (285^\circ, 300^\circ)$		
180°	0°	270°	电流跨相反向	C-B-A, $-I_a/-I_c$
		90°	电流跨相	C-B-A, I_a/I_c
	60°	150°	电压跨相电流跨相反向	A-C-B, $-I_a/-I_c$
		330°	电压跨相电流跨相	A-C-B, I_a/I_c
	120°	30°	电压跨相电流跨相反向	B-A-C, $-I_a/-I_c$
		210°	电压跨相电流跨相	B-A-C, I_a/I_c
120°	30°	270°	电压跨相电流反向	B-A-C, $-I_c/I_a$
		90°	电压跨相电流反向	B-A-C, I_c/I_a
	90°	150°	电流反向	C-B-A, $-I_c/I_a$
		330°	电流反向	C-B-A, I_c/I_a
	150°	30°	电压跨相电流反向	A-C-B, $-I_c/I_a$
		210°	电压跨相电流反向	A-C-B, I_c/I_a
0°	30°	210°	电压跨相电流跨相反向	B-A-C, $I_a/-I_c$
		30°	电压跨相电流跨相反向	B-A-C, $-I_a/-I_c$
	90°	90°	电流跨相反向	C-B-A, $I_a/-I_c$
		270°	电流跨相反向	C-B-A, $-I_a/-I_c$
	150°	330°	电压跨相电流跨相反向	A-C-B, $I_a/-I_c$
		150°	电压跨相电流跨相反向	A-C-B, $-I_a/-I_c$
240°	0°	[240°, 360°/0°]	正确接线负荷不对称	C-B-A, I_c/I_a
	[135°, 180°]或[0°, 45°]	[60°, 180°]	负荷不对称, 电流反向或跨相	C-B-A, $-I_c/-I_a$ (C-B-A, I_a/I_c)
	90°	(150°, 270°)	压变反极性, +顺相序接线分类	
	(45°, 135°)	(330°, 360°)或(0°, 90°)	压变反极性, +顺相序接线分类	



事实上,在主站系统中装载错接线判别模块之后,仅需一周的时间就能对全省所有的三相电能表完成一轮错接线判别。相比之下,按《电能计量装置技术管理规程》(DL/T 448—2016)规定,使用传统人工周期性巡检的方式对I、II、III类电能计量装置分别每半年、一年、两年进行一次现场检验,效率可谓天差地别。此外,传统人工错接线判别准确率仅能达到85%左右,除极少数拥有几十年工作经验的老师傅,大部分巡检人员对单个电能表错接线的判断准确性并不如本方法的系统判断。综上所述,无论是从效率还是准确率的角度,本文方法都大大超越了传统的人工周期性巡检。

3.2 前景

应用本系统,可以对全量用户计量装置开展周期性远程智能巡检,对有业务变更的全量用户计量装置及时开展专项远程智能巡检,对系统判断为异常的电能表可以交由专家进行分析诊断,精准化锁定异常表计,支撑现场检查工作的高效开展。这样一来,不仅能够有效提升错接线检查的智能化管理水平,还能提高作业人员的检查效率。

系统可以批量监测,并精准定位疑似异常表计,部分替代现场周期性巡检工作,有效降低对现场校验仪等专用诊断设备的需求,节省设备投资费用及相关的设备维护费用。同时,错接线检查效率的提高也将大幅降低现场排查的人力资源成本。

相较于传统的人工周期性巡检,通过计量装置错接线在线监测,对全量电能计量装置的错接线远程自动化判别,能够降低计量人员进行现场检查时对用户生产、生活等用电需求的影响,提高用电服务的智能化水平,从而提高用电服务质量,增加用户满意度。

4 结束语

三相三线电能表经电压/电流互感器接入时,计量回路容易发生基本接线错误,此时,测量电压/电流值不发生改变,错接线判别的方法是比较

测量电压和测量电流的夹角与负荷实际夹角值是否一致。本文总结了不同接线形式下电压、电流夹角对应的取值范围,并创新地提出利用角度和、角度差与接线形式的对应关系进行接线判断,减少了估计用户负荷功率因数误差带来的误判,提高了判别准确度。在此基础上,本文还将错接线判断方法总结提炼成算法模型,设计了通过三相三线电能表测量的电流与功率数据进行错接线远程自动判别的系统软件。经过实际应用检测,该系统可以在短时间内完成测试区域内全部电能表的远程自动判别,与传统的现场周期人工巡检相比,大大提高了检测效率。

参考文献:

- [1] 孙方汉. 电能计量装置及其正确接线[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
SUN F H. Electric energy metering device and its correct and wrong wiring [M]. Beijing: China Water Power Press, 2004.
- [2] 阎士琦. 电能计量装置接线分析200例[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
YAN S Q. Analysis of wiring of electric energy metering devices: 200 cases[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.
- [3] 刘建明. 电表仪表与电能计量[M]. 北京: 中国计量出版社, 1998.
LIU J M. Electric measuring instrument and electric energy metering[M]. Beijing: China Metrology Press, 1998.
- [4] 王宇霖. “六角图”检测与计量回路核查相结合对一起寄生回路窃电的分析与查处[J]. 电力需求侧管理, 2017, 19(A01): 20-22.
WANG Y L. Analysis and investigation of electric larceny in parasitic circuit using six-angle measuring and measuring circuit[J]. Power Demand Side Management, 2017, 19(A01): 20-22.
- [5] 蒋东晓, 郑乐锦. 一例电子式多功能电能表错接线分析[J]. 农村电工, 2014, 22(10): 41.
JIANG D X, ZHENG L J. Analysis on miswiring of an electronic multifunctional watt-hour meter[J]. Rural Electrician, 2014, 22(10): 41.
- [6] 张兴然. 三相三线有功电能表错接线分析[J]. 电工文摘, 2015(3): 68-70.
ZHANG X R. Miswiring analysis of three-phase three-wire active watt-hour meter[J]. Electrical Equipment and Economy, 2015(3): 68-70.
- [7] 陈霄, 周玉, 范洁, 等. 新型三相三线电能表错接线快速判别方法研究[J]. 电测与仪表, 2014, 51(13): 5-8.
CHEN X, ZHOU Y, FAN J, et al. Study on the rapid error con-

- nections discriminating method of the new three-phase and three-wire measuring device[J]. *Electrical Measurement & Instrumentation*, 2014, 51(13): 5-8.
- [8] 高震, 焦广旭, 张兴忠. 基于查表法的电能计量装置错接线判断方法[J]. *电脑开发与应用*, 2009, 22(6): 36-37, 40.
GAO Z, JIAO G X, ZHANG X Z. A electrical energy metering mechanism wrong wiring judgment method based on the table[J]. *Computer Development & Applications*, 2009, 22(6): 36-37, 40.
- [9] 陶军, 杨世海, 金在东. 新型现场计量装置接线检查方法的研究[J]. *江苏电机工程*, 2013, 32(6): 66-68.
TAO J, YANG S H, JIN Z D. A new method for field electric energy metering device line connecting detection[J]. *Jiangsu Electrical Engineering*, 2013, 32(6): 66-68.
- [10] 李东晨, 张文扬, 刘莺. 利用电力大数据挖掘表计串户计量差错的实践[J]. *电力大数据*, 2017, 20(9): 46-51.
LI D C, ZHANG W Y, LIU Y. Application and practice of measuring errors in "electric meter measuring missort" by using power big data mining[J]. *Power Systems and Big Data*, 2017, 20(9): 46-51.
- [11] 梁洒佳, 司珍珍. 基于大数据采集的三相表错接线判断方法研究[J]. *电网与清洁能源*, 2018, 34(6): 41-46.
LIANG S J, SI Z Z. Research on judgement method of three-phase meters' fault wire connection based on bigdata[J]. *Power System and Clean Energy*, 2018, 34(6): 41-46.
- [12] 张强, 于宁, 崔晖, 等. 基于大数据的三相电能表错接线识别软件的设计实现[J]. *电测与仪表*, 2018, 55(6): 110-115.
ZHANG Q, YU N, CUI H, et al. Design and implementation of fault wiring connection identification software for three-phase meters based on big data[J]. *Electrical Measurement & Instrumentation*, 2018, 55(6): 110-115.
- [13] 唐健毅. 三相三线电能计量装置错接线分析[J]. *仪器仪表标准化与计量*, 2009(5): 27-30, 33.
TANG J Y. Three-phase three-wire power metering device wiring error analysis[J]. *Instrument Standardization & Metrology*, 2009(5): 27-30, 33.
- [14] 王宇霖, 孙杰. 含TV极性接反的三相三线电能计量装置错接线分析方法探究[J]. *电力需求侧管理*, 2017, 19(A01): 23-28, 33.
WANG Y L, SUN J. The research on error wiring analysis method of three-phase three-wire electric energy measurement device with TV polarity reversed[J]. *Power Demand Side Management*, 2017, 19(A01): 23-28, 33.
- [15] 崔立飞, 蒋大明, 薛世骏. 电能表错线远程诊断[J]. *微计算机信息*, 2005, 21(8-1): 122-124.
CUI L F, JIANG D M, XUE S J. Remotely Diagnose the Wrong Connection of Power Meter[J]. *Control & Automation*, 2005, 21(8-1): 122-124.
- [16] 李斌, 黄奇峰, 杨世海. 高压多绕组电压互感器二次负荷配置优化与改造工程实施[J]. *江苏电机工程*, 2012, 31(5): 5-8.
LI B, HUANG Q F, YANG S H. The second load configuration optimization of multiple-winding high voltage TV and renovation project executing[J]. *Jiangsu Electrical Engineering*, 2012, 31(5): 5-8.

[作者简介]



王淑云 (1995-), 女, 江苏方天电力技术有限公司工程师, 主要研究方向为用电信息采集、新能源消纳。



李新家 (1967-), 男, 江苏方天电力技术有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力营销采集技术。



李春永 (1997-), 男, 现就职于江苏方天电力技术有限公司, 主要研究方向为用电信息采集。



严永辉 (1978-), 男, 江苏方天电力技术有限公司高级工程师, 主要研究方向为用电信息采集、通信及软件系统。



于怡 (1995-), 男, 江苏方天电力技术有限公司助理工程师, 主要研究方向为大数据、新能源消纳。