

三相三线电能计量装置错接线检查方法的创新

程海斌，高尊玉，贾建东

(江苏省电力公司职业技能训练基地，江苏 连云港 222069)

摘 要：电能计量是否准确可靠，是社会广泛关注的焦点，而电能计量装置接线是否正确，直接关系到电能计量的正确与否。本文针对电能计量装置错接线检查中存在的重点和难点之处，结合智能表的广泛应用，提出了不画相量图快速写出有功、无功功率表达式；中相电压是 V 相的错接线，退补电量计算方法；智能表接线检查方法；提出利用信息采集系统实现在线监测计量装置错接线的方法。

关键词：计量装置；错接线检查；智能表；创新

0 引言

三相三线电能计量装置错接线检查，是电力营销人员的必备技能。由于智能表和用电信息采集系统的广泛应用和普及，错接线检查方法也在不断完善和改进，以满足电网智能化发展方向的需要。

1 有功功率表达式

本文所涉及的电流互感器均为分相连接，电压互感器无反极性。错接线检查的条件为三相电路对称，无特别说明，功率因数角在 $\pm 60^\circ$ 范围内。

有功功率表达式对初学者来说，是一个难点，主要是电压与电流的相位角，在相量图上容易找错，但只要掌握以下规律，可以不用相量图，直接写出，使其变得轻松简单。

定律：三相三线电能表两组工作元件的电压与电流之间的相位角，在按顺时针方向找角度时，相位角=特殊角+ φ ，特殊角=30+60•n 其中 n 为 0 至 5 的整数。即特殊角为 30°、90°、150°、210°、270°、330°中的一个。感性负载向前靠，容性负载向后靠。

根据这一定律，结合所测得的相位角及负载性质，可以不用相量图，非常快捷地写出有功功率表达式及功率因数角。

表 1 现场测量相位角数据

测量数据	\dot{I}_1	\dot{I}_3
\dot{U}_{12}	235° A	
\dot{U}_{32}	295° B	355° C

例 1：测量数据如表 1 所示，若负载为感性，

则可直接写出功率表达式。

$P=UI[\cos(210^\circ+\varphi)+\cos(330^\circ+\varphi)]$ ，其最简式 $P=UI \sin \varphi$

功率因数角 $\varphi=235^\circ-210^\circ=25^\circ$

若负载为容性，则可直接写出功率表达式，

$P=UI[\cos(270^\circ+\varphi)+\cos(30^\circ+\varphi)]$
 $=UI \cos(30^\circ-\varphi)$

功率因数角 $\varphi=235^\circ-270^\circ=-35^\circ$

2 无功功率表达式速算及应用

电能计量装置是双方进行电能贸易结算的工具，其准确性、正确性越来越受到人们的重视。但是由于工作人员的工作责任心、或业务水平及工作的熟练程度等原因，致使计量装置接线错误，直接影响到计量的准确性。所以一旦现场查出接线错误就需要计算有功表的更正系数，从而进行电量的退补。在计算更正系数时平均功率因数的选取，以前都是参照错接线前几个月的功率因数再取其平均值，或者用该用户的力调标准来确定 φ 角，但这些取法均存在一定的偏差。利用错接线有功电能表和无功电能表所走的示数来计算错接线期间的平均功率因数，从而可以提高退补电量的准确性。

2.1 无功功率表达式最简式速算

无功功率表达式最简式可根据有功功率表达式最简式直接写出。

将电子表有功功率表达式最简式中的 φ 用 ($\varphi-90^\circ$) 代入，化简后即可得出无功功率表达式最简式。

例 3：若 $P=UI \sin \varphi$ ，则 $Q=-UI \cos \varphi$ ；

若 $P=UI \cos(30^\circ-\varphi)$ ，则 $Q=-UI \sin(30^\circ-\varphi)$

机械表在正相序时,无功功率表达式与电子表无功功率表达式最简式相同;机械表在反相序时,将有功表达式最简式中的函数角 φ 用 $(\varphi - 30^\circ)$ 代入,即可得出无功功率表达式。

2.2 无功功率表达式最简式应用

例 4: 某 10kV 新型建材有限公司,高供高计,2012 年 2 月 22 日装表送电。后来经稽查系统监控发现,该用户存在有功反向电量,判断该用户计量出现异常。经检查,该户计量封印完整、完好,初步判断为错接线。

该户电能表 2012 年 12 月 13 日抄见示数(为了方便计算,小数舍去)为:

正向有功: 135kWh, 反向有功: 63 kWh,

正向无功: 255kvarh, 反向无功: 0 kvarh。

经用相位表对电压、电流实时值及相位角进行测量并判断,错接线形式为:

$U_{wv} - I_w, U_{uv} I_u$ 。

已知三相负荷对称平衡。

$P_x = UI[\cos(150^\circ + \varphi) + \cos(30^\circ + \varphi)] = -UI \sin \varphi$

$Q_x = -UI \sin(\varphi - 90^\circ) = UI \cos \varphi$

方法 1:

列方程得: $\frac{P_x}{Q_x} = \frac{-UI \sin \varphi}{UI \cos \varphi} = \frac{135}{255} = \frac{-63}{0}$

$\tan \varphi \approx -0.2824 \quad \varphi \approx -15.77^\circ$

更正系数: $K = \frac{P_{正}}{P_{误}} = \frac{\sqrt{3}UI \cos \varphi}{-UI \cos \varphi} = \frac{-\sqrt{3}}{\tan \varphi}$

错接线期间正确有功电量为:

$K \bullet \Delta W = \frac{-\sqrt{3}}{\tan(-15.77^\circ)} \times 72 = 441.6(kWh)$

方法 2:

此例无功表计量的电量其实是有功电量 $UI \cos \varphi$, 将其系数乘 $\sqrt{3}$, 就是正确有功电量。

错接线期间正确有功电量 = (255-0) $\times \sqrt{3} = 441.7(kWh)$ 。无功电量也可用此方法计算。

经过分析和总结,得到以下规律:对于中相电压为 V 相的三相三线错接线(包括 TV 一只反极性),不用求功率因数角,根据功率表达式,直接计算出错接线期间的有功和无功电量。

3 智能表错接线检查方法

目前,三相智能电表在国网系统内,已得到了广泛应用。它不仅仅可以准确计量有功、无功与视在电量,更在编程、存储、通信、电网监测、报警、事件日志等有着良好地应用。供电企业营销人员要充分利用其特点,及时发现计量装置的异常状况。通常情况下计量装置的接线检查都是由计量外勤人员到用户现场进行,都是用电能表现场校验仪或者钳形相位表来判断电能表的接线是否正确,但在实际工作中,考虑到计量运行设备、测量仪表和操作人员的安全问题,所使用的工具及测量方法越简单、越不容易出错越好。笔者经过实践总结,认为在正常情况下,都可以通过电能表的屏幕显示来直接判断电能表的接线是否正确,并且可判断出错接线的形式。

我们可以把智能表看成是我们平时所用的钳形相位表,读取判断错误接线所需要的几个参数。其原理是,在电压电流对称平衡时,利用电表显示的相位值、分相功率因数、功率方向等参数,得到电压、电流间的相位角,还原到常用的相位表接线检查方法上。通俗的说,就是利用智能表上显示的参数值,来代替相位表的测量值。

下面以三相三线智能表为例,说明判断常见错误接线的方法。从三相三线智能表的显示屏上,可直接读出 U_{12} 、 U_{32} 的电压值, I_1 、 I_3 的电流值,三相电压的相序,按出显示代码 02070100,显示 U_{12} 和 I_1 的相位角;按出显示代码 02070300,显示 U_{32} 和 I_3 的相位角,判断接线方法与用相位表检查接线方法一样。

若按不出显示代码 02070100,可按出分相的功率因数,再计算出相位角。

例 5: 设: $30^\circ > \varphi > -30^\circ$, TA 分相连接,三相负荷对称。根据智能表显示,判断错接线。

显示内容:三相电压为正相序,电压、电流值正常, $\cos \varphi_1 = 0.996$ (显示 $-I_u$), $\cos \varphi_2 = 0.423$ (显示 $-I_w$)。

解析:

由 $\cos \varphi_1 = 0.996$ (显示 $-I_u$), 用计算器算得 U_{12} 、 I_1 间相位角为 175° 或 185° 。由 $\cos \varphi_2 = 0.423$ (显示 $-I_w$), 用计算器得 U_{32} 、 I_3 间相位角为 115° 或 245° 。下面具体分析哪 2 个相位角值是真实值,其组合有 4 种情况:

第 1 种:二个元件相位角分别为 175° 和 115° , 功率因数角都为 25° , I_1 、 I_3 之间相位角为 240° , 满

足条件。

第2种：二个元件相位角分别为 175° 和 245° ，一元件功率因数角都为 25° ，二元件功率因数角为 -25° ，排除。

第3种：二个元件相位角分别为 185° 和 115° ，一元件功率因数角都为 -25° ，二元件功率因数角都为 25° ，排除。

第4种：二个元件相位角分别为 185° 和 245° ，二个元件功率因数角都为 -25° ，但 I_1 、 I_3 之间相位角为 0° ，排除。

通过分析，只有第一种情况，满足要求。这样就可以用常见方法来分析判断错接线了。

4 智能表接线在线监测

通过电能信息采集系统采集所需的参数，主要是电压、电流间相位角(或者功率因数角)，通过程序处理，可以智能判断错接线，实现大客户电能计量装置接线的在线检测，可大幅提高工作效率，提高用电管理水平，维护供用电双方的合法权益。判断方法是根据有功功率表达式，来确定错接线。经测试，用 excel 表格设计的程序，判断 48 种错接线，判断结果都是正确的。

	A	B	C	D	E	F	G
1	已知条件	一元件 相位角	二元件 相位角	一元件 特殊角	二元件 特殊角	错接线方式	是否异常
2	正相序, $0^\circ < \phi < 60^\circ$	55	355	30	330	UVW, (Iu, Iw)	正确
3		235	355	210	330	UVW, (-Iu, Iw)	异常
4		55	175	30	150	UVW, (Iu, -Iw)	异常
5		235	175	210	150	UVW, (-Iu, -Iw)	异常
6		295	115	270	90	UVW, (Iw, Iu)	异常
7		115	115	90	90	UVW, (-Iw, Iu)	异常
8		115	295	90	270	UVW, (-Iw, -Iu)	异常
9		295	295	270	270	UVW, (Iw, -Iu)	异常
10		295	235	270	210	VWU, (Iu, Iw)	异常
11		115	235	90	210	VWU, (-Iu, Iw)	异常
12		295	55	270	30	VWU, (Iu, -Iw)	异常
13		115	55	90	30	VWU, (-Iu, -Iw)	异常
14		175	355	150	330	VWU, (Iw, Iu)	异常
15		355	355	330	330	VWU, (-Iw, Iu)	异常
16		175	175	150	150	VWU, (Iw, -Iu)	异常
17		355	175	330	150	VWU, (-Iw, -Iu)	异常
18		175	115	150	90	WUV, (Iu, Iw)	异常
19		355	115	330	90	WUV, (-Iu, Iw)	异常
20		355	295	330	270	WUV, (-Iu, -Iw)	异常
21		175	295	150	270	WUV, (Iu, -Iw)	异常
22		55	235	30	210	WUV, (Iw, Iu)	异常
23		235	235	210	210	WUV, (-Iw, Iu)	异常
24		235	55	210	30	WUV, (-Iw, -Iu)	异常
25		55	55	30	30	WUV, (Iw, -Iu)	异常
26							

I	J	K	L	M	N	O
已知条件	一元件 相位角	二元件 相位角	一元件 特殊角	二元件 特殊角	错接线方式	是否异常
正相序, $0^\circ < \phi < 60^\circ$	55	355	90	30	VWU, (-Iu, -Iw)	异常
	235	355	270	30	VWU, (Iu, -Iw)	异常
	55	175	90	210	VWU, (-Iu, Iw)	异常
	235	175	270	210	VWU, (Iu, Iw)	异常
	295	115	330	150	VWU, (-Iw, -Iu)	异常
	115	115	150	150	VWU, (Iw, -Iu)	异常
	115	295	150	330	VWU, (Iw, Iu)	异常
	295	295	330	330	VWU, (-Iw, Iu)	异常
	295	235	330	270	WUV, (-Iu, -Iw)	异常
	115	235	150	270	WUV, (Iu, -Iw)	异常
	295	55	330	90	WUV, (-Iu, Iw)	异常
	115	55	150	90	VWU, (Iu, Iw)	异常
	175	355	210	30	WUV, (-Iw, -Iu)	异常
	355	355	30	30	WUV, (Iw, -Iu)	异常
	175	175	210	210	WUV, (-Iw, Iu)	异常
	355	175	30	210	WUV, (Iw, Iu)	异常
	175	115	210	150	UVW, (-Iu, -Iw)	异常
	355	115	30	150	UVW, (Iu, -Iw)	异常
	355	295	30	330	UVW, (Iu, Iw)	正确
	175	295	210	330	UVW, (-Iu, Iw)	异常
	55	235	90	270	UVW, (-Iw, -Iu)	异常
	235	235	270	270	UVW, (Iw, -Iu)	异常
	235	55	270	90	UVW, (Iw, Iu)	异常
	55	55	90	90	UVW, (-Iw, Iu)	异常

5 结论

本文所讲的检查方法是对错接线检查方法的完善、拓展和创新，是目前较实用的检查方法，通俗易懂。特别是在线监测智能表接线，对于三相四线表也可实现，有广阔的发展前景。

作者简介：

程海斌（1967—），男，江苏连云港人，高级技师，国网公司技术能手，从事电能计量工作；

高尊玉（1964—），男，江苏南京人，技师，从事电能计量工作；

贾建东（1969—），男，江苏连云港人，高级技师，工程师，从事技能培训工作。