

计量装置现场核查常用方法

1 三相三线电能表错误接线检查常用分析方法与步骤

1.1 力矩法

力矩法就是有意将电能表原来接线改动后,观察电能表转盘转动速度或转相(电子式电能表观察脉冲闪烁频率和潮流方向),以判断接线是否正确,它是高压三相三线电能表接线常用的检查方法。

1.1.1 断开 B 相电压

图 1 所示为三相三线有功电能表断开 B 相电压的接线图和相量图,此时电能表第一元件接入 $(\frac{1}{2}\dot{U}_{ac}, i_a)$ 第二元件接入 $(\frac{1}{2}\dot{U}_{ca}, i_c)$ 。第三电能表所反映的功率为:

$$\begin{aligned} P' &= P'_1 + P'_2 = \frac{1}{2} \dot{U}_{ac} i_a \cos(30^\circ - \varphi_a) + \frac{1}{2} \dot{U}_{ca} i_c \cos(30^\circ - \varphi_c) \\ &= \frac{1}{2} (\sqrt{3} UI \cos \varphi) = \frac{1}{2} P \end{aligned}$$

由上式可知,断开 B 相电压后,电能表的转速若为原转速的一半(或脉冲发生的速率一半),说明原来的电能表接线是正确的。

实际运用中,当三相电压、电流对称平衡时,先测定电能表 N 转所需要的时间 T_0 ,然后断开 B 相电压,再测定电能表 N 转所需要的时间 T ,只要 $T \approx 2 T_0$,则表明接线正确。

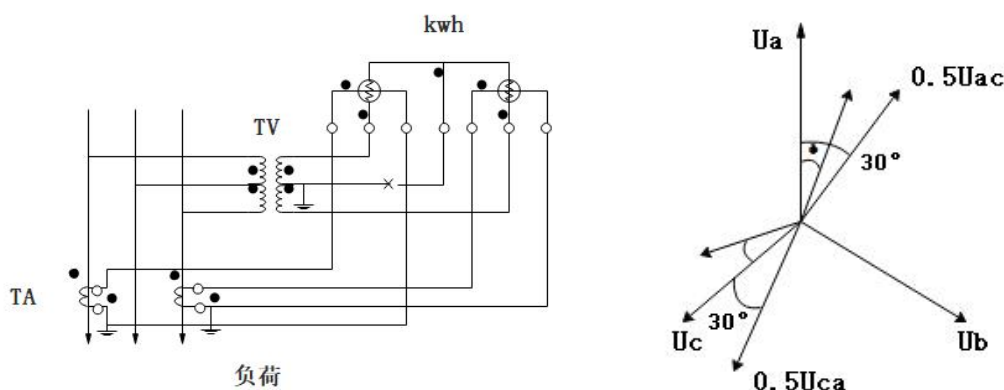


图 1 三相三线电能表断开 B 相电压的接线图和相量图

(a) 接线图

(b) 相量图

1.1.2 A、C 相电压交叉法

将电能表的电压进线 A、C 相位置交换,如图 2 所示,此时电能表第一元件

接入（ U_{cb} ， I_a ），第二元件（ U_{ab} ， I_c ）。三相电能表反映的功率为：

$$P'=P'_1+P'_2=\dot{U}_{cb} \dot{I}_a \cos(90^\circ +\varphi_a)+ \dot{U}_{ab} \dot{I}_c(90^\circ -\varphi_c)=0$$

可见，A、C 相电压接线位置交换后，若有功电能表停走，说明原来的接线正确。

考虑到三相电压和电流不可能完全对称，负荷也会波动，断 B 相电压和 A、C 电压交换，属于趋势判断，允许有一定偏差。在三相负荷极端不平衡且波动较大时，此法不正确。

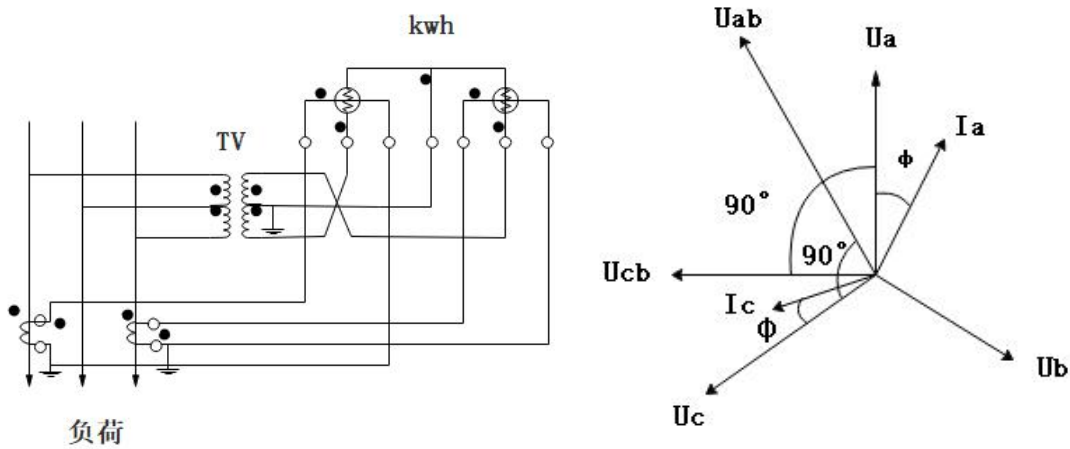


图 2 Vv 接线电能表 A、C 相电压交叉
(a) 接线图 (b) 相量图

1.2 相量图法

相量图法就是通过测量与功率相关量值来比较电压、电流相量关系，从而判断确定接到电能表中的究竟是什么电压、什么电流？

1.2.1 相量图法的适用条件

- (1) 电压基本对称
- (2) 电压、电流比较稳定
- (3) 已知负荷性质（感性或容性）

1.2.2 相量图法分析的具体步骤

(1) 工作前准备

步骤	内容	方法	目的（备注）
1	着装	穿工作服、绝缘鞋，戴安全帽、线手套	

2	三步式验电	<p>(1) 用验电笔先在带电的电源处验电。</p> <p>(2) 用验电笔在计量柜体外壳把手金属部分验电。</p> <p>(3) 用验电笔再次在带电的电源处验电</p>	<p>第(1)步检查验电笔是否完好。</p> <p>第(2)步检查计量柜是否带电。</p> <p>第(3)步确保验电笔完好。</p> <p>(即可说明计量柜体不带电)</p>
3	相位伏安表检查	<p>(1.)检查表内电池电压。当显示器右端出现电池符号“+”时, 电池电压低于 7.5V, 应更换电池。</p> <p>(2.) 360° 校准。如果表计显示不是 360°, 则应调整相位校准电位器 W, 使之显示值为 360°</p>	确保测量数据准确, 误差在表计允许范围内。

(2) 测量、分析

步骤	内容	方法	目的(备注)
1	测量电压	<p>(1.)测量相电压 U_1、U_2、U_3。</p> <p>(2.) 测量线电压 U_{12}、U_{23}、U_{31}</p>	<p>(1.) 对于 Vv 接线的 TV, 二次回路 b 相接地, 即 $U_{b0}=0$.通过测量三相对地电压, 可判定出 b 相。、</p> <p>(2.)判定 TV 是否存在断线的二次极性是否反接情况。</p>
2	测量电流	选电流量, 测挡位用相位表卡钳测量 I_1 、 I_2	
3	测量电压相位(确定相序)	以 \dot{U}_{12} 为参考量, 测量 \dot{U}_{12} 与 \dot{U}_{32} 之间的相位角, 并判定相序	如果 \dot{U}_{12} 超前 \dot{U}_{32} 300°, 说明为正相序, 如果 \dot{U}_{12} 超前 \dot{U}_{32} 60°, 说明为逆相序。
4	测量 \dot{U}_{12} 与 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 之间的相位角	以 \dot{U}_{12} 为参考相量, 测量 \dot{U}_{12} 超前 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 的角度。	根据测量的角度找出 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 、 \dot{I}_3 在相量图中的位置
5	绘制错误接线相量图	根据电压、电流之间的相位关系绘制相量图	判定错误接线方式根据电源电压永远是正相序的, 则从基准相顺序时针往后的电压分别是 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 。根据“三符合”原则确定 \dot{I}_A 、 \dot{I}_C

6	判定错误接线结论并进行接线更正	第一元件: $[\dot{U}_{12}, \dot{I}_1]$; 第二元件: $[\dot{U}_{32}, \dot{I}_2]$;	判定表尾电压、电流接入方式; 表尾电流反接相; TA 二次极性反接相。
7	绘制错误接线电路图	先画出各元件电压、电流引线及 TA、TV 连线引线, 然后再根据错误接线结论加以完善	
8	写出错误接线下的功率表达式	$P' = P'_1 + P'_2 + P'_3$ ($P = UI \cos \varphi$)	φ 为对应元件电压电流相量的夹角。 角度查找—特殊角与 φ 关系
9	计算更正系数	$G_x = \frac{P}{P'}$	P 为正确接线功率表达式, p' 为错误接线功率表达式 (最简式)。计算结果保留 4 位小数。
10	计算退补电量	$\Delta W = (G_x - 1)W'$	W' 为错误接线期间抄见电量 (kwh)

2 三相四线电能表错误接线检查常用分析方法与步骤

2.1 实负荷比较法

将电能表反映的功率与电能计量装置实际所承载的功率进行比较, 也可将线路中的实际功率计算电能表转动一定圈数所需的时间与实际测得时间进行比较, 以判断电能计量装置是否正常, 这种方法就是实负荷比较法, 一般称为瓦秒法。

在反窃电或计量装置周期检查时, 瓦秒法运用最为广泛。在现场有负荷情况下, 通过钳形电流表测量实际负荷电流大小, 并换算为功率, 然后计算电能表转动一定圈数 (脉冲闪烁一定次数) 所需要的时间, 判断电能表走度是否正常。在现场没有负荷情况下, 使用自带的 1Kw 电吹风或灯泡, 再用上述方法判断电能表走度是否正常。

2.2 逐项检查法

在电能表三相接入有效负荷的条件下, 断开另外两个元件的电压连接片, 让某一元件单独工作, 观察电能表转动或脉冲闪烁频率, 若正常, 则说明该相接线正确, 这种现场检查方法就是逐项检查法。

2.3 电压电流法

使用万用表和钳形电流表测量电能表接入的电压, 电流值, 通过与正常运行状态下电压电流值比较, 从而判断计量装置是否正常, 这种方法就是电压电流法。

2.4 相量图法

相量图法就是通过测量与功率相关量值来比较电压、电流相量关系，从而判断确定接到电能表中的究竟是什么电压、什么电流？

2.4.1 相量图法的适用条件

- （1）电压基本对称。
- （2）电压、电流比较稳定。
- （3）已知负荷性质（感性或容性）。

2.4.2 相量图分析的三符合原则

- （1）各电压相量间和各电流相量间的相位关系分别“符合正相序”。
- （2）同相电压与电流相量间的相位差分别“符合随相关系”。
- （3）各相量间的关系“符合正常情况”。

2.4.3 相量图法的具体步骤

（1）工作前准备

工作前准备

步骤	内容	方法	目的（备注）
1	着装	穿工作服、绝缘鞋，戴安全帽、线手套	
2	三步式验电	（1）用验电笔先在带电的电源处验电。 （2）用验电笔在计量柜体外壳把手金属部分验电。 （3）用验电笔再次在带电的电源处验电	第（1）步检查验电笔是否完好。 第（2）步检查计量柜是否带电。 第（3）步确保验电笔完好。 （即可说明计量柜体不带电）
3	相位伏安表检查	（1）检查表内电池电压当显示器右端出现电池符号“+-”时，电池电压低于 7.5V，应更换电池。 （2）360° 校准。如果表计显示不是 360°，则应调整相位校准电位器 W，使之显示值为 360°	确保测量数据准确，误差在表计允许范围内。

(2) 测量、分析

步骤	内容	方法	目的（备注）
1	测量电压	(1) 测量相电压 U_1 、 U_2 、 U_3 。 (2) 测量线电压 U_{12} 、 U_{23} 、 U_{31}	(1) 测试电压互感器有无开路情况，如有一相相电压为 0，说明其开路。 (2) 测试电压互感器有无同相或反接，如果测量线电压为 0，说明同相；如果测试的线电压为两相 57.7V 或 220V，说明互感器有反接情况。
2	测量电流	用相位表卡钳测量 I_1 、 I_2 、 I_3	电流 10A 挡，如果电流较小，应退挡测量。
3	确定 U_u	模拟装置上设置了 U 相电压参考点，即“ $U_u(a)$ ”。将一支表笔插入 U_u ，另一支表笔分别插入 U_1 、 U_2 、 U_3 ，当表计显示数值为 0 时，说明该相与 U_u 同相，即可确定 U_u	确定电能表上 U_u 的实际接线位置（电压 500V 挡）
4	测量电压相位（确定相序）	以 \dot{U}_1 为参考相量，测量 \dot{U}_1 与 \dot{U}_2 之间的相位角，并判断相序。	如果 \dot{U}_1 超前 \dot{U}_2 120° ，说明为正相序，如果 \dot{U}_1 超前 \dot{U}_2 240° ，说明为逆相序。
5	测量电压电流间的相位角	以 \dot{U}_1 为参考相量，测量 \dot{U}_1 超前 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 、 \dot{I}_3 的角度。	根据测量的角度找出 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 、 \dot{I}_3 在相量图中的位置
6	绘制错误接线相量图	根据电压、电流之间的相位关系绘制相量图	由于电源电压永远是正相序的，因此从基准相顺序顺时针往后的电压分别是 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 。根据“三符合”原则确定 \dot{I}_A 、 \dot{I}_C
7	判定错误接线结论并进行接线更正	第一元件：[\dot{U}_1 , \dot{I}_1]; 第二元件：[\dot{U}_2 , \dot{I}_2]; 第三元件：[\dot{U}_3 , \dot{I}_3];	判定表尾电压、电流接入方式；表尾电流反接相；TA 二次极性反接相。
8	绘制错误接线电路图	先画出各元件电压、电流引线及 TA、TV 连线引线，然后再根据错误接线结论加以完善	

9	写出错误接线下的功率表达式	$P' = P'_1 + P'_2 + P'_3$ ($P = UI \cos \varphi$)	φ 为对应元件电压电流相量的夹角。 角度查找—特殊角与 φ 关系
10	计算更正系数	$G_x = \frac{P}{P'}$	P 为正确接线功率表达式，p' 为错误接线功率表达式（最简式）。计算结果保留 4 位小数。
11	计算退补电量	$\Delta W = (G_x - 1)W'$	W' 为错误接线期间抄见电量（kwh）

3 电能表现场检验方法

3.1 瓦秒法

用标准功率表测量调定的恒定功率，同时用标准测时器测量电能表在恒定功率下转若干转所需时间，用该时间与恒定功率相乘得到实际电能，与电能表测定的电能表相比较，既能确定电能表的相对误差。

3.1.2 定转侧时法

当用固定转数确定测量时间的瓦秒法检定时，电能表的相对误差计算式为：

$$r = \frac{T-t}{t} \times 100$$

式中 r —标准功率表或检定装置的已定系统误差，%；

t —实测时间，s，即被检表在恒定功率下输出 N 个脉冲时，标准测时器测定的时间；

T —算定时间，s，即假定被检表没有误差时，在恒定功率下输出 N 个脉冲时所需要的时间，按下式计算

$$T = \frac{3600 \times 1000 N}{C_x K_i K_u P}$$

N —选定的电能表转数或脉冲数

C_x —被检表的脉冲常数， P/KWh

P —恒定功率，W；

K_i 、 K_u —被校准电能表铭牌上电流、电压互感器的额定变比，未标注者为 1。

3.2.2 定时测转法

当用固定时间计读转数的瓦秒法检定携带式电能表时，相对误差计算式为：

$$r = \frac{n - n_0}{n_0} \times 100 + \gamma_b$$

式中 γ_b —标准电能表法校准装置在运行条件下的一定系统误差，不需修正时 $\gamma_b=0$ ；

n —实测转数；

n_0 —算定转数，即假定被校准电能表没有误差时，标准电能表应转的理论转数（每一负载功率下算定转数 n_0 应不少于 $4r$ ）。

理论转数按下式计算

$$n_0 = \frac{CKiKuPt}{3600 \times 1000}$$

3.3 标准电能表法

标准电能表测定的电能与被检电能表测定的电能相比较，确定被检电能表的相对误差的方法，称为标准电能表法。

3.3.1 定低频脉冲数（N）比较法

当用被检电能表输出一定的低频脉冲数停住标准表的方法检定时，被检表的相对误差（%）按下式计算

$$r = \frac{W_0 - W}{W} \times 100 + r_0$$

$$W_0 = \frac{3.6 \times 10^6}{C_0} n_0$$

$$n_0 = \frac{C_0 N}{CLKIKU}$$

式中 r_0 —标准表或检定装置的已定系统误差，%，不需要更正时为 0；

W —实测电能值，标准表累计的电能值；

W_0 —算定电能值，被检表没有误差运行下，输出 N 个低频脉冲时，标准表累积的电能值，J；

C_0 —标准表的脉冲常数， P_L/KWh 或 P_H/KWh ；

n_0 —算定脉冲数；

C_L —被检表的低频脉冲常数， P_L/KWh ，对安装式表为 $C (P/KWh)$ ；

K_I 、 K_u —标准表外接的电流、电压互感器变比。当没有外接电流、电压互感器，均为 1。

3.3.2 高频脉冲预置法

标准表和被检表都在连续运行的情况下，将计读标准表在被检表输出 N 个

低频脉冲时输出的高频脉冲数 m ，作为实测高频脉冲数，再与算定（或预置）的高频脉冲数相比较，用下式计算被检表的相对误差

$$r = \frac{m_0 - m}{m} \times 100 + r_0$$

式中 r_0 —标准表或检定装置的已定系统误差，%，不需要更正时为 0；

m —实测高频脉冲数；

m_0 —算定（或预置）的高频脉冲数，按下式计算

$$m_0 = \frac{C_{H0} N}{CLKIKU}$$

式中 C_{H0} —标准表的高频脉冲常数， P_H/KWh ；

CL —被检表的低频脉冲常数， P_L/KWh ；对安装式表为 C (P/KWh)；

KI 、 KU —标准表外接的电流、电压互感器，均为 1。

说明：采用上述方法计算基本误差时，标准表累计的脉冲数应不少于 JJG 596—1999《电子式电能表检定规程》中的要求，见表。

各级标准电能表累计数字

电能表准确度等级	0.02 级	0.05 级	0.1 级	0.2 级
最少累计数	50000	20000	10000	5000

4 其他常用方法

4.1 比较法

比较法又称估算法，在难以推导出电量更正系数的情况下，利用此方法推算出需退补的电量值。此方法有以下几种方式：

(1) 以电能量采集系统的有段数据为参考，并综合考虑正常时期电力线路同比功率时的计量状况，推断出需退补的电量值。

(2) 以下一级或对侧电能计量装置所计电量，并考虑相应的损耗情况。

(3) 以计量正常月份电量或同期正常月份电量为基准，以及用户值班记录，用电负荷等情况，进行综合考虑，推算出需退补的电量值。

(4) 以更正后的计量装置所计电量（一般为一个抄表周期）为基准，以及用电负荷等情况，进行综合考虑，推算出徐腿部的电量值。

(5)以同一计量装置中其他正确计量单元(副)或以主(副)计量装置正确计量的电量为基准,以及用户值班记录,用电负荷等情况,进行综合考虑,推算出需退补的电量值。

4.2 测试法

通过在保持电能计量装置错误计量的同时,在该计量回路中另按正确接线接入正确的电能计量装置,并选取具有代表性的负荷运行计量一段时间,然后用正确接线电能表所计量电能量 w ,除以同时间内错误计量的电能量 w' 推导出电量更正系数 $k=w /w'$,计算出需退补的电量值。