

# 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

王宇霖, 孙 杰

(泰州供电公司, 江苏 泰州 225300)

**摘 要:** 含 TV 极性接反的三相三线电能计量装置错接线的测量分析相对复杂, 且分析结论及接线更正方案并不唯一。传统的利用先定相并假想相电压作向量图分析的方法既繁琐又不符合电压互感器 V/V 接线只能反映线电压的客观事实。为此本文直接以线电压三角形为基础, 以 TV 极性接反后线电压定点翻转为理论依据, 研究了一套简单、精准、快捷的分析计算方法。(TV 为电压互感器简称)

**关键词:** 电能计量; TV 极性; 错接线; 分析

## 0 引言

三相三线两元件电能计量装置为小电流接地系统典型的电能计量方法, 其理论基础为三相电流向量和等于零。其电压回路(图 1)的特点是使用两个单相电压互感器通过 V/V 接线将一次三相线电压按变比感应到二次, 然后接至电表表头电压元件 1、2、3 点。电流是取自跨装在两相的电流互感器的二次电流回路。正确接线时  $\dot{U}_{12}$  通常取  $\dot{U}_{ab}$ ,  $\dot{U}_{32}$  取  $\dot{U}_{cb}$ ,

$\dot{I}_1$  取  $\dot{I}_a$ ,  $\dot{I}_3$  取  $\dot{I}_c$ 。当然正确计量的接线并不是唯一的, 例如:  $\dot{U}_{12}$  取  $\dot{U}_{ba}$ ,  $\dot{U}_{32}$  取  $\dot{U}_{bc}$ ,  $\dot{I}_1$  取  $-\dot{I}_a$ ,  $\dot{I}_3$  取  $-\dot{I}_c$  时计量也是正确的。只要符合功率表达式

$$P = \left| \dot{U}_{12} \right| \left| \dot{I}_1 \right| \cos(30^\circ + \varphi) + \left| \dot{U}_{32} \right| \left| \dot{I}_3 \right| \cos(30^\circ - \varphi) \\ = \sqrt{3}UI \cos \varphi$$

(容性负载时  $\varphi$  取负值) 就是正确计量。

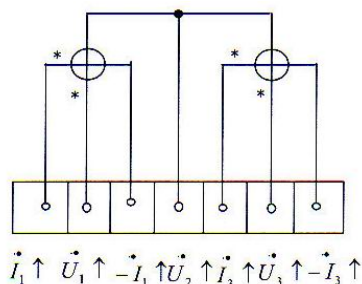


图 1 三相三线两元件电能表端子示意图

然而, 实际接线中电压电流的错相、反相接线时有发生, 其中含 TV 极性接反的错接线情况最为复杂, 现就含 TV 极性接反的三相三线电能计量装置错接线测量分析方法作如下探讨。

## 1 正常接线时电压互感器 V/V 接线原副边电压三角形的特点

图 2 为 TV 接线图(下端为一次侧, 上端为二次侧。)

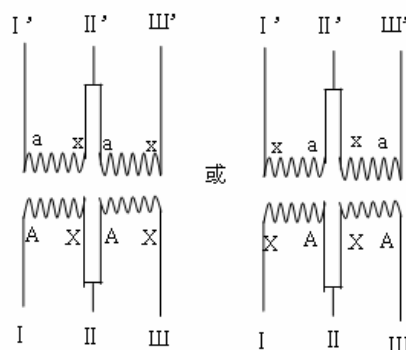


图 2 TV 接线图

(1) 根据电磁感应原理可以确定电压正相序时原副边电压三角形的三个顶点。见图 3。

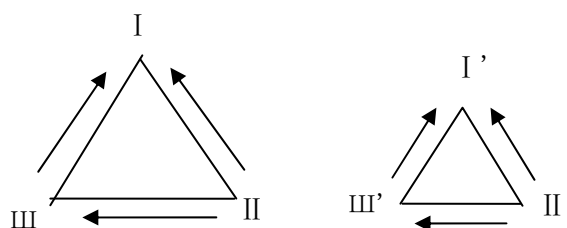


图 3 电压正相序时原副边电压三角形

其二次侧  $\dot{U}_{I' \Pi'}$  与一次侧  $\dot{U}_{I \Pi}$  方向相同，二次侧  $\dot{U}_{III' \Pi'}$  与一次侧  $\dot{U}_{III \Pi}$  方向相同，二次侧  $\dot{U}_{I' III'} = \dot{U}_{I' \Pi'} - \dot{U}_{III' \Pi'}$ ，其方向也与一次侧  $\dot{U}_{I III}$  相同。

(2) 同样根据电磁感应原理可以确定电压逆相序时原副边电压三角形的三个顶点。见图 4。

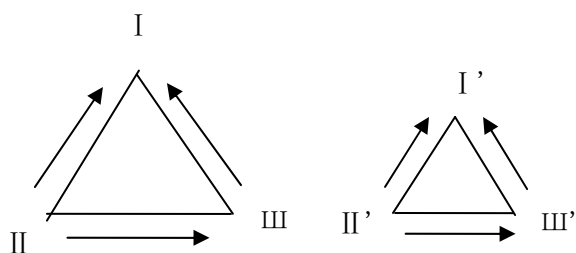


图 4 电压逆相序时原副边电压三角形

同理其二次侧  $\dot{U}_{I' \Pi'}$  与一次侧  $\dot{U}_{I \Pi}$  方向相同，二次侧  $\dot{U}_{III' \Pi'}$  与一次侧  $\dot{U}_{III \Pi}$  方向相同，二次侧  $\dot{U}_{I' III'} = \dot{U}_{I' \Pi'} - \dot{U}_{III' \Pi'}$ ，其方向也与一次侧  $\dot{U}_{I III}$  相同。

## 2 TV 极性接反 V/V 接线原副边电压三角形的特点

所谓电压互感器极性正确实际上就是指每个 TV 的一二次侧极性对应（都是 A、X 或都是 X、A，见图 2），不然则为极性接反。不管其接性正确还是接性错误，其 V/V 接线的一二次侧均有一个公共点（见图 2），分别为 II 和 II'，且这个公共点至同侧其他两点的电压有效值在任何情况下均为 1 倍的线电压。下面就 TV 极性接反情况进行分析。

### 2.1 单只 TV 极性接反 V/V 接线原副边电压三角形特点

#### 2.1.1 “I”边的 TV 极性接反情况

“I”边的 TV 极性接反见图 5。

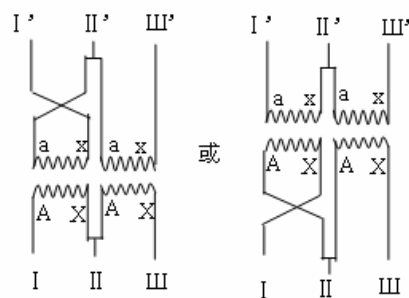


图 5 “I”边 TV 极性接反

#### 2.1.1.1 电压正相序时一二次侧电压三角形

根据该 TV 极性接反情况，判断二次侧  $\dot{U}_{I' \Pi'}$  与一次侧  $\dot{U}_{I \Pi}$  方向正好相反（如图 6 右图），相当于以 II'（V/V 接线公共点）为中心将原 I' 进行对称反向翻转定位。

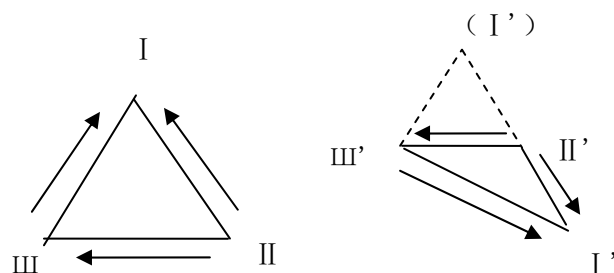


图 6 “I”边极性接反电压正相序时一二次侧电压三角形

容易看出  $\dot{U}_{I' \Pi'}$  超前  $\dot{U}_{III' \Pi'}$  120°； $\dot{U}_{I' \Pi'}$  超前  $\dot{U}_{I' III'}$  330°； $\dot{U}_{I' III'}$  的有效值比其他两个的  $\sqrt{3}$  倍。

#### 2.1.1.2 电压逆相序时一二次侧电压三角形

电压逆相序时一二次侧电压三角形见图 7。

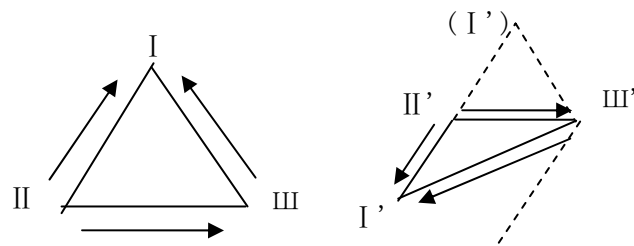


图 7 “I”边极性接反电压逆相序时一二次侧电压三角形

容易看出  $\dot{U}_{I' II'}$  超前  $\dot{U}_{III' II'}$   $240^\circ$ ;  $\dot{U}_{I' II'}$  超前

$\dot{U}_{I' III'}$   $30^\circ$ ;  $\dot{U}_{I' III'}$  的有效值比其他两个的  $\sqrt{3}$  倍。

### 2.1.2 “III”边的 TV 极性接反情况

“III”边的 TV 极性接反情况见图 8。

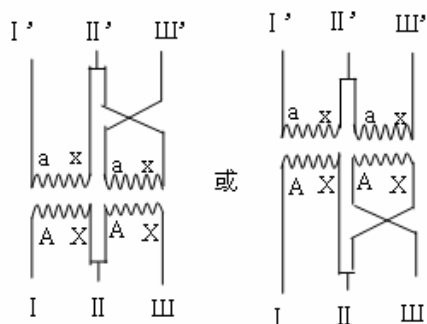


图 8 “III”边 TV 极性接反情况

#### 2.1.2.1 电压正相序时一二次侧电压三角形

根据该 TV 极性接反情况, 判断二次侧  $\dot{U}_{III' II'}$

与一次侧  $\dot{U}_{III II}$  方向正好相反 (见图 9 右图), 相

当于以  $II'$  (V/V 接线公共点) 为中心将原  $III'$  进行对称反向翻转定位。

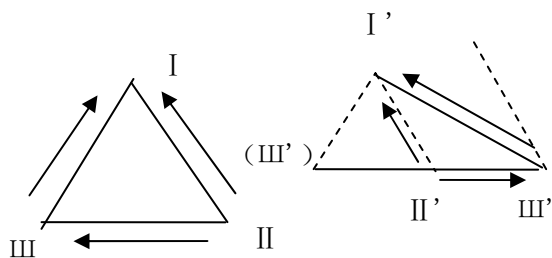


图 9 “III”边的 TV 极性接反电压正相序时一二次侧电压三角形

容易看出  $\dot{U}_{I' II'}$  超前  $\dot{U}_{III' II'}$   $120^\circ$ ;  $\dot{U}_{I' II'}$  超前

$\dot{U}_{I' III'}$   $330^\circ$ ;  $\dot{U}_{I' III'}$  的有效值比其他两个的  $\sqrt{3}$  倍。

其线电压之间的角度关系与“ I ”边 TV 极性接反情

况一样。

#### 2.1.2.2 电压逆相序时一二次侧电压三角形

电压逆相序时一二次侧电压三角形见图 10。

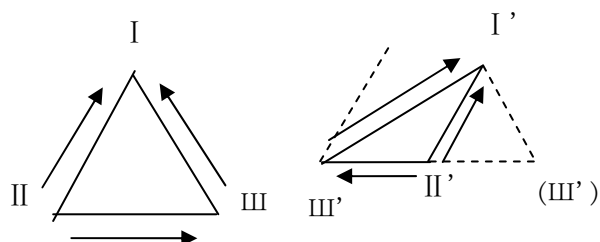


图 10 “III”边极性接反电压逆相序时一二次侧电压三角形

容易看出  $\dot{U}_{I' II'}$  超前  $\dot{U}_{III' II'}$   $240^\circ$ ;  $\dot{U}_{I' II'}$  超前

$\dot{U}_{I' III'}$   $30^\circ$ ;  $\dot{U}_{I' III'}$  的有效值比其他两个的  $\sqrt{3}$  倍。

其线电压之间的角度关系与“ I ”边 TV 极性接反情况也一样。

### 2.2 两只 TV 极性同时接反原副边电压三角形特点

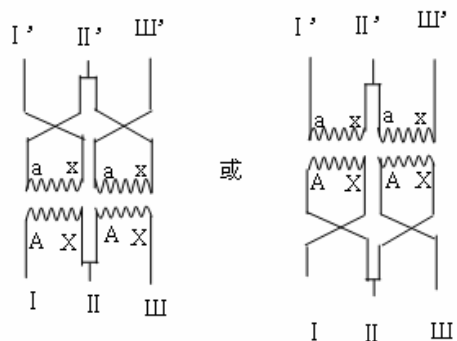


图 11 两只 TV 极性同时接反

#### 2.2.1 电压正相序时一二次侧电压三角形

电压正相序时一二次侧电压三角形见图 12。

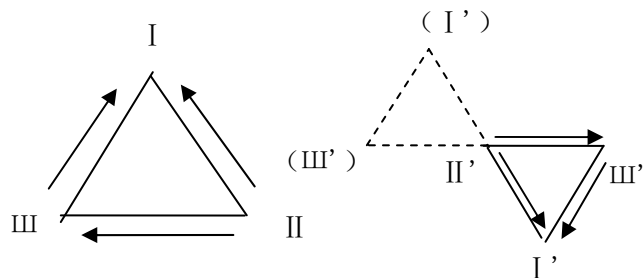


图 12 “两只 TV 极性同时接反电压正相序时一二次侧电压三角形

可见这种情况下二次侧三个线电压方向与一次侧线电压均相反, 相当于以  $II'$  (V/V 接线公共点)

为基准点将原 I'、III' 均进行对称反向翻转定位。从图 11 的右图中不难看出其二次侧三个线电压均为额定值，不会出现  $\sqrt{3}$  倍额定电压的情况。

### 2.2.2 电压逆相序时一二次侧电压三角形

两只 TV 极性同时接反电压逆相序时一二次侧电压三角形见图 13。

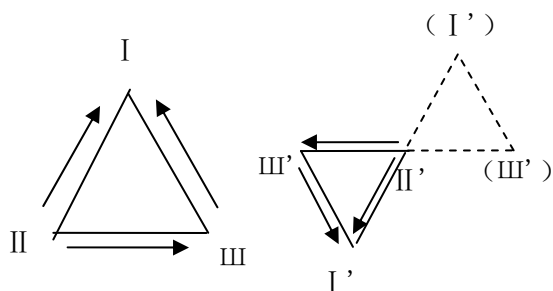


图 13 两只 TV 极性同时接反电压逆相序时一二次侧电压三角形

这种情况下二次侧三个线电压方向与一次侧线电压也都相反，同样相当于以 II' (V/V 接线公共点) 为中心将原 I'、III' 均进行对称反向翻转定位。从图 12 的右图中也可看出其二次侧三个线电压均为额定值，不会出现  $\sqrt{3}$  倍额定电压的情况。

## 3 利用线电压定点对称翻转定位原理进行含 TV 极性接反的三相三线电能表错接线分析

综上所述，不管是正相序还是逆相序，电压互感器一、二次极性对应或两只互感器极性同时接反时，其二次侧三个线电压构成的三角形均为正三角形，即三个线电压有效值相等且均为额定值。在有且仅有一个 TV 极性接反的情况下其二次侧 V/V 连接首尾端之间的电压为正常额定电压的  $\sqrt{3}$  倍，也就是 173V，且在同一相序(正或逆)电压下不论哪一个 TV 极性反接，其二次侧三个线电压之间的角度关系相同。这就告诉我们要判定哪一只 TV 反接还需其他条件或设定。当我们测量电能表电压元件三个端点两两之间的电压时，出现 173V 电压的那两点一定接在电压互感器 V/V 接线的首尾端，另外一点必是 V/V 接线的公共连接点，我们作图分析时就以该点作为定点选择其他一点进行对称翻转确定实际线电压的顶点。至于是哪一只 TV 反接(哪一点

翻转)还要视具体条件和要求而定。下面我们就以实际案例来进行几种情况的错接线分析。

### 3.1 单只 TV 电压极性接反检测与分析

在进行计量装置错接线分析时三相三线电能表表头检测方案有多种多样，为使测量结果既能全面反映错接线情况又不产生重复测量的浪费，本人推荐最简表头参数测量方案如下：一是测量表头电压

元件三点之间电压的有效值  $|\dot{U}_{12}|$ 、 $|\dot{U}_{32}|$ 、 $|\dot{U}_{13}|$ ，有且仅有一只 TV 电压极性接反情况下该三个电压有效值必有且仅有一个为 173V，其余两个为 100V；二是测量电能表两个电流元件电流有效值  $|\dot{I}_1|$ 、 $|\dot{I}_3|$ ；

三是测量三个线电压之间的角度关系  $\dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{32}$ 、

$\dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{13}$ ；四是测量一个电压与两个电流之间的角

度关系  $\dot{U}_{12} \wedge \dot{I}_1$ 、 $\dot{U}_{12} \wedge \dot{I}_3$ 。这里及以下所谓的电压

1、2、3 是指接到电能表上电压孔位 1、2、3；所谓电流 1、3 是指接到电能表电流 1 线圈和 3 线圈进线的孔位。(详见图 1)。

#### 3.1.1 案例一：单只 TV 极性反接，其余都正常

现场测量参数：

$$|\dot{U}_{12}| = 102 \text{ V}, \quad |\dot{U}_{13}| = 173 \text{ V}, \quad |\dot{U}_{23}| = 101 \text{ V},$$

$$|\dot{I}_1| = 3.33 \text{ A}, \quad |\dot{I}_3| = 3.66 \text{ A}, \quad \dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{32} = 120^\circ,$$

$$\dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{13} = 330^\circ, \quad \dot{U}_{12} \wedge \dot{I}_1 = 50^\circ,$$

$\dot{U}_{12} \wedge \dot{I}_3 = 290^\circ$ ，已知测量时功率因数角在  $-30^\circ \sim 30^\circ$  之间。

错接线分析过程：

首先按照正相序画出正常情况下二次侧电压三角形，并标出二次端点 1、2、3 (见图 14)；

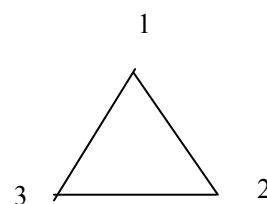


图 14 正相序正常情况下二次侧电压三角形

$|\dot{U}_{13}|=173\text{ V}$ ，说明 1、3 为首尾端，2 为公共端；

第二步以 2 点作定点任选一点（这里先选 1）进行对称翻转定位，见图 15。实际上可以在图 14 中直接操作，这里为体现分析步骤故另外作图分析；

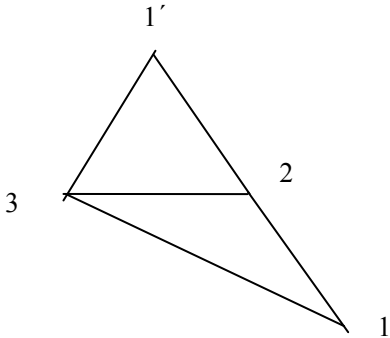


图 15 单只 TV 极性反接

1 点翻转后，将翻转前位置标为 1'。从图 14 可看出  $\dot{U}_{12}\wedge\dot{U}_{32}=120^\circ$ 、 $\dot{U}_{12}\wedge\dot{U}_{13}=330^\circ$  符合实际测量到的线电压角度关系，故认定电压确为正相序。

第三步根据测量到的电流与电压之间的角度关系画出电流电压向量图，见图 16；

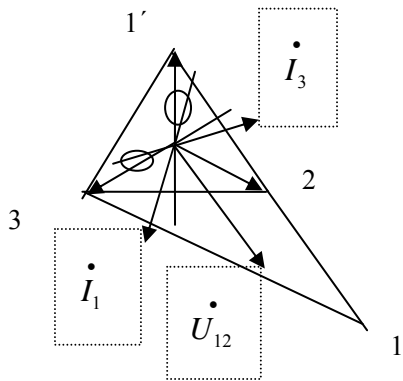


图 16 单只 TV 极性反接后电流电压向量图

根据功率因数角的条件判定电流对应的电压，这里用“○”表示电流（或反向电流）与对应的电压关系。

第四步根据要求对电流电压进行定相并确定错接线情况；

至此以上的分析我们都没有确定或假设电压的相别，因为电压的相别本来就是人为设定的且可进行多种设定，只有其相序才是客观唯一的。为了使电能表错接线及更正接线更直观清晰，我们在错接线判定往往根据要求或现场情况进行定相。根据

实际接线中 B 相不接电流互感器的情况，我们将无电流配对的那相电压设定为 B 相，其他相别根据电源正相序原理确定。定相后的电流电压向量图见图 17。

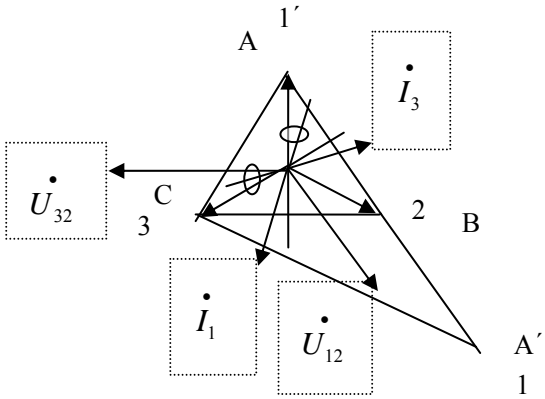


图 17 定相后的电流电压向量图

从图 17 中可见翻转前的 1' 点为 A 相电压顶点，2 点为 B 相电压顶点，3 点为 C 相电压顶点。实际电压元件 1 点的电压顶点是以 2 点为中心将原 1' 点进行 180° 对称反向翻转定位，定相时将它标注为 A'（表示 AB 线电压 180 翻转后 A 点位置）。 $\dot{I}_1$  为 A

相电压的反向电流，即  $-\dot{I}_A$ 。 $\dot{I}_3$  为 C 相电压的反向电流，即  $-\dot{I}_C$ 。通过该向量图即可精确填出电能表表头实际接入参数图。

$-\dot{I}_A$	$\dot{U}_A$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_B$	$-\dot{I}_C$	$\dot{U}_C$	$\dot{I}_C$
--------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------

图 18 电能表表头实际接入参数图

第五步画出 TV 错误连接图；

每只 TV 不管是一次极性接反还是二次极性接反，其效果都是一、二次极性不对应（如果一、二次极性都接反，其一、二次极性又对应了。），且均可在二次改接更正，并更正方案相同。故这里就不再分别赘述，直接以二次极性接反情况来标明其 TV 错误连接图。同理电压正、逆相序也有一次错接和二次错接情况，其改接更正方案也是相同的，且是在表头电压线更正中完成，故通常都按照电源电压正相序（TV 桩头从左到右正相序）来画 TV 错误接线图。根据表头实际接入参数图及电磁感应原理，

判定 TV 错接线连接图。

测得  $\left| \dot{U}_{13} \right| = 173 \text{ V}$ ，说明 1、3 点为 V/V 接线的一头一尾，2 点为公共点；1 点为定点翻转点，说明 1 点这边 TV 极性接反；电压正相序说明 1、2、3 符合正相序规律，故 2 点右边是 3，2 点左边是 1 点。故 TV 错误连接图如图 19 所示。

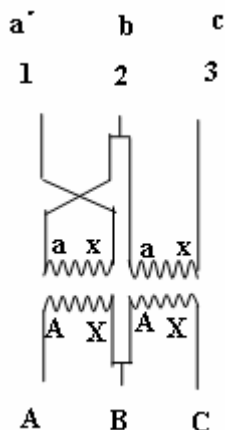


图 19 TV 错误连接图

第六步改接更正方案：

首先将 TV 极性反接情况更正正确，见图 20。

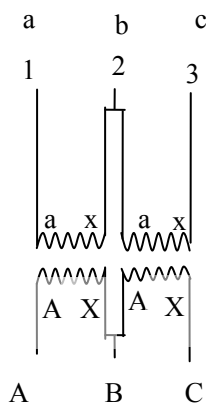


图 20 将反接极性更正后的 TV 连接图

TV 极性反接情况更正正确后表头参数如图

21。

$\dot{I}_A$	$\dot{U}_A$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_B$	$\dot{I}_C$	$\dot{U}_C$	$\dot{I}_C$
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

图 21 TV 极性反接情况更正正确后表头参数图

然后进行电表表头接线更正，更正孔位连接如图

图 22。

3	2	1	4	7	6	5
---	---	---	---	---	---	---

图 22 表头接线更正孔位连接图

表示原来第 3 孔位的线改接到第 1 孔位上来，其余类推。

第七步更正系数计算

根据图 17 中各向量超前与滞后关系错接线情况下的错误功率表达式为：

$$P' = \left| \dot{U}_{12} \right| \left| \dot{I}_1 \right| \cos(30^\circ + \varphi) + \left| \dot{U}_{32} \right| \left| \dot{I}_3 \right| \cos(150^\circ + \varphi)$$

$$= UI \cos(30^\circ + \varphi) + UI \cos(150^\circ + \varphi)$$

$$= -UI \sin \varphi$$

$$\text{更正系数 } G = P/P' = \sqrt{3} UI \cos \varphi / -UI \sin \varphi$$

$$= -\sqrt{3} / \tan \varphi$$

以上对“案例一”的分析是以“1”边 PT 极性反接进行分析和更正的。下面我们再以“3”边 PT 极性反接进行分析和更正，步骤同上，但不再分别分步作图，正常及极性反接电压翻转后的电压三角形、相关量的向量图、相别确定及电流电压配对等均直接反映在一个图上，见图 23。

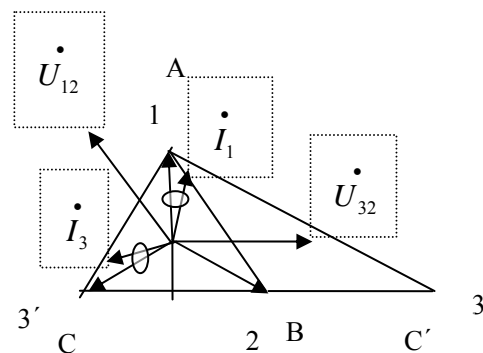


图 23 “3”边 PT 极性反接电表各元件电流电压向量图  
电能表表头实际接入参数如图 24：

$\dot{I}_A$	$\dot{U}_A$	$-\dot{I}_A$	$\dot{U}_B$	$\dot{I}_C$	$\dot{U}_C$	$-\dot{I}_C$
-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	--------------

图 24 电能表表头实际接入参数图

TV 错误连接如图 25。

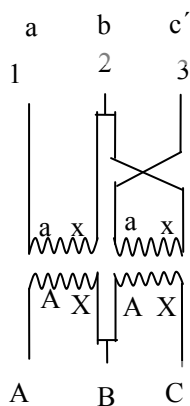


图 25 TV 错误连接图

TV 极性反接情况更正正确后表头参数就已正常，如图 26，不需再更改表头接线，显然更正更简捷。

$\dot{I}_A$	$\dot{U}_A$	$-\dot{I}_A$	$\dot{U}_B$	$\dot{I}_C$	$\dot{U}_C$	$-\dot{I}_C$
-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	--------------

图 26 TV 极性反接情况更正正确后表头参数图

根据向量图 23 计算错误功率表达式及更正系数，其结果与设定“1”边 TV 极性接反情况一样。

$$P' = \dot{U}_{12} \dot{I}_1 \cos(30^\circ + \varphi) + \dot{U}_{32} \dot{I}_3 \cos(150^\circ + \varphi)$$

$$= UI \cos(30^\circ + \varphi) + UI \cos(150^\circ + \varphi)$$

$$= -UI \sin \varphi; \text{更正系数 } G = P/P' = \sqrt{3} UI \cos$$

$$\varphi / -UI \sin \varphi = -\sqrt{3} / \tan \varphi$$

对照两种情况的向量图（图 17 和图 23）及电能表头实际接入参数图（图 18 和图 24），不难看出，二者向量图及表头接入参数都是以 V/V 接线公共点为基准点的反向翻转版。故两种情况错误功率表达式及更正系数相同就不足为怪了。但是，更正方案并不相同，“1”边 TV 接反情况的更正方案不仅要将在 TV 极性更正正确还要在表头将 1 元件和 3 元件的电流进行反向改接，而“3”边 TV 接反时的更正方案只要将接反的 TV 极性更正过来就行了，显然是最简的，故最终认定为“3”边 TV 接反情况。实际上也就是选择更正方案最简的 TV 反接设定分析方案。

3.1.2 案例二：单只 TV 极性反接，电压、电压错相、电压逆相序，属复杂错接线案例

现场测量参数：

$$|\dot{U}_{12}| = 173 \text{ V}, |\dot{U}_{13}| = 101 \text{ V}, |\dot{U}_{23}| = 101 \text{ V}, |\dot{I}_1| = 3.61 \text{ A},$$

$$|\dot{I}_3| = 3.63 \text{ A}, \dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{32} = 330^\circ, \dot{U}_{13} \wedge \dot{U}_{23} = 120^\circ,$$

$\dot{U}_{13} \wedge \dot{I}_1 = 117^\circ, \dot{U}_{13} \wedge \dot{I}_3 = 237^\circ$ ，已知测量时功率因数角在  $-30^\circ \sim 30^\circ$  之间。

错接线分析： $|\dot{U}_{12}| = 173 \text{ V}$ ，说明 1、2 为首尾

端，3 为公共端。先按电压正相序以 3 点作定点，选 1 点进行对称翻转定位作图 27。

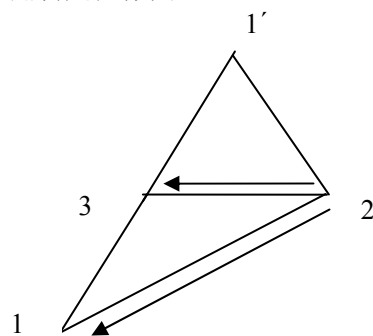


图 27 电压正相序以 3 点作定点选 1 点翻转图

上图  $\dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{32} = 30^\circ$  与测量数据不符，故一定是逆相序，向量图如下图 28。

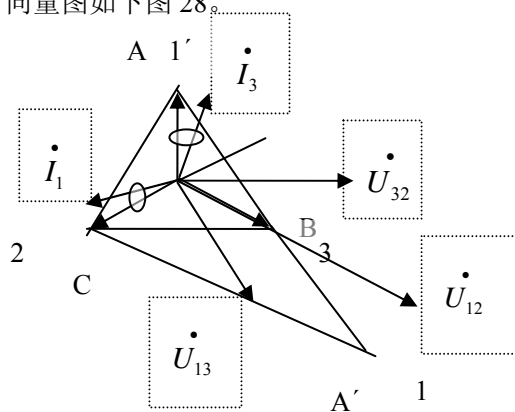


图 28 电压逆相序以 3 点作定点选 1 点翻转后的向量图

将无电流配对一相设为 B 相，则其他各点相别均可确定。根据图 28 可确定电能表表头实际接入参数图为图 29。

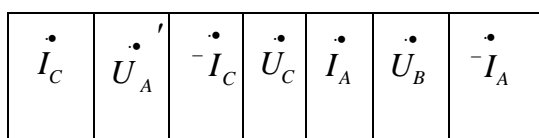


图 29 电能表表头实际接入参数图

TV 错误连接如图 30。

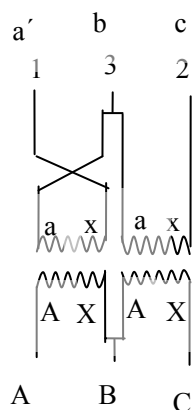


图 30 TV 错误连接图

$|\dot{U}_{12}| = 173 \text{ V}$ ，说明 1、2 为首尾端，3 为公共端；

电压逆相序说明相序为 1-3-2；“1”点线电压翻转，说明“1”边的 TV 极性接反；对照图 29 确定各点电压相别。

至此我们有必要知道一下，该案例 TV 实际上还有一种电压错接可能，就是一次侧电压从左到右逆相序（如下图 31）。但不管哪种情况其分析及更正改接方案是相同的（也就是在表头根据二次电压错接现状更正就行了）。

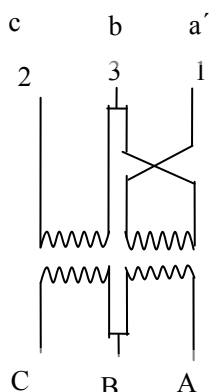


图 31 一次侧电压从左到右逆相序时 TV 错误连接图

更正系数计算：根据图 28 中各向量超前与滞后关系错接线情况下的错误功率表达式为：

$$P' = \left| \dot{U}_{12} \right| \left| \dot{I}_1 \right| \cos(120^\circ + \varphi) + \left| \dot{U}_{32} \right| \left| \dot{I}_3 \right| \cos(90^\circ - \varphi)$$

$$= \sqrt{3} UI \cos(120^\circ + \varphi) + UI \cos(90^\circ - \varphi)$$

$$= - (UI/2) (\sqrt{3} \cos \varphi + \sin \varphi)$$

$$\text{更正系数 } G = P/P' = -2\sqrt{3}/(\sqrt{3} + \tan \varphi)$$

与案例一同理案例二也有以 V/V 公共点（该例为 3 点）作定点将 2 点进行对称翻转分析版，其结论就是将图 29 以 V/V 接线公共点 3 点电压作基准将其他电压及电流进行对称反向翻转，结果为图 32。

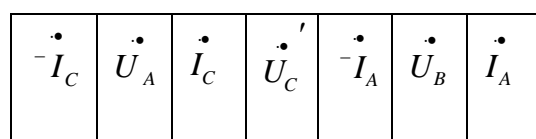


图 32 电能表表头实际接入参数图翻转版

可以看出该结果表头接入电流不仅错相且为反向电流，故更正不是最简，舍之。

### 3.2 二只 TV 电压极性接反检测与分析

在 2.2 中已经分析二只 TV 电压极性同时接反，二次侧三个线电压方向与一次侧线电压均相反，其二次侧三个线电压均为额定值，不会出现  $\sqrt{3}$  倍额定电压的情况。故从测量结果并不能判定是否是二只 TV 电压极性均接反情况。包括正确接线在内的所有表头接线都有翻转版，也就是翻转版与原版在二次测量反映的有效值及相位关系是相同的。例如正确接线与其翻转版分别为 33、图 34：

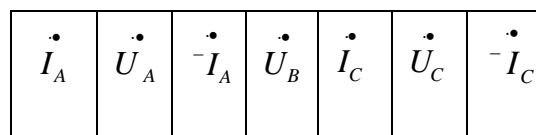


图 33 正确接线表头参数图

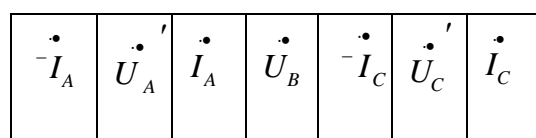


图 34 正确接线表头参数图翻转版

可见两个元件电流同时反向且两侧 TV 极性又同时接反时计量也是正确的。下面我们就以案例三



来分析两只 TV 极性同时接反的情况。

现场测量参数:

$$\left|\dot{U}_{12}\right|=100 \mathrm{~V},\left|\dot{U}_{13}\right|=101 \mathrm{~V},\left|\dot{U}_{23}\right|=101 \mathrm{~V},\left|\dot{I}_1\right|=3.61 \mathrm{~A},$$

$$\left|\dot{I}_3\right|=3.63 \mathrm{~A}, \dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{32}=300^{\circ}, \dot{U}_{12} \wedge \dot{U}_{13}=60^{\circ},$$

$\dot{U}_{12} \wedge \dot{I}_3=119^{\circ}, \dot{U}_{12} \wedge \dot{I}_1=238^{\circ}$ , 已知测量时功率因数值在  $0 \sim 60^{\circ}$  之间, 并认定电流接线是正确的。

从测量数据可知该案例不存在单只 TV 极性接反情况 (因为无 173V 电压)。按照测量数据作向量图 图 35。

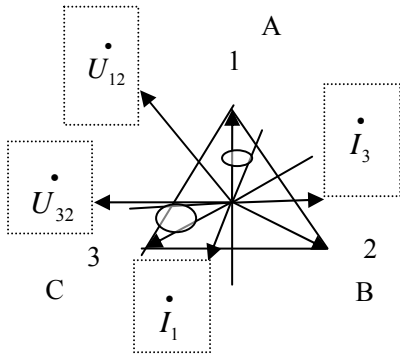


图 35 按照测量数据所作向量图

根据向量图判表头错接线情况为 1、2 元件电流反向, 如图 36。

$\dot{I}_A$	$\dot{U}_A$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_B$	$\dot{I}_C$	$\dot{U}_C$	$\dot{I}_C$
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

图 36 按照向量图判定电表表头参数图

该错接情况对称翻转版为图 37, 其 1、2 元件电流正常, 2 只 TV 极性均接反。

$\dot{I}_A$	$\dot{U}_A'$	$\dot{I}_A$	$\dot{U}_B$	$\dot{I}_C$	$\dot{U}_C'$	$\dot{I}_C$
-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------

图 37 图 36 的对称翻转版

其向量图为图 38。

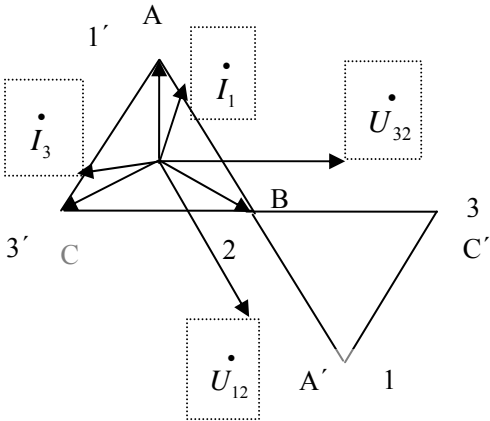


图 38 图 35 的对称翻转版向量图

很显然根据题意, 应按照第二种情况答题, 即答案应为两只 TV 极性均接反。

#### 4 线电压顶点反向翻转法分析计算单只 TV 极性接反的方法归纳

(1) 先按照正相序情况画出线电压 3 个顶点, 然后注意哪两点电压为 173V, 以另一点 (V/V 接线公共点) 为固定点任选其中一点反向, 看是否符合测量的线电压之间的角度, 符合则为正相序, 不符合则必为逆相序。画出相关电压、电流相量, 根据功率因数角条件进行电压电流配对, 确定两个电流分别是由哪个电压产生的。

(2) 根据相量图确定无电流配对的一相为 B 相 (或根据给定的条件或要求确定), 对各点进行定相。即根据电源正相序原则确定各点分别是那一相 (A 或 B 或 C)。

(3) 根据相量图及定相结果画出电能表接线盒输入参数方框图

(4) 确定 V/V 接线二次各端号, 原则是先定头尾 (173V 的两点必定是一头一尾), 再定顺序 (根据正、逆相序确定)。

(5) 根据 V/V 接线 TV 二次各端号, 对照接线方框图查看各端号分别是哪一相 (a、b、还是 c), 再确定一次对应的相别。

(6) 含 TV 极性接反的错接线更正分为两个部分。其一为 TV 极性接反的更正, 该更正**必须**在 TV 接线柱上完成 (一般在二次操作), 首先解开 TV 公共连接端, 然后将判定极性接反的 TV 两端出线进行对调后再进行 TV 的 V/V 连接; 其二为表头接线端改接更正, 其更正依据就是表头错接线参数接入

方框图。当然所有更正工作都必须在完成保证工作人员安全的组织措施和技术措施的前提下进行。

(7) 互为反向翻转版(以 V/V 接线公共点电压为基准点将线电压、电流同时反向翻转)的两种接线虽然客观上并不一样,但其功率表达式是相同的,也就是有相同的计量效果(对于计量结果来讲是两种等效接线),且按其中任一种接线进行更正都能得到正确计量的接线。我们一般按照更正最简原则或给定条件进行唯一答案的确定。

## 5 结束语

综观三相三线电能表接线方式,正相序情况下相别排序有三种,即 A-B-C、B-C-A、C-A-B。每种

相别排序情况下电流排序有 8 种,分别为  $\dot{I}_a \dot{I}_c$ 、

$\dot{I}_a - \dot{I}_c$ 、 $-\dot{I}_a \dot{I}_c$ 、 $-\dot{I}_a - \dot{I}_c$ 、 $\dot{I}_c \dot{I}_a$ 、 $\dot{I}_c - \dot{I}_a$ 、

$-\dot{I}_c \dot{I}_a$ 、 $-\dot{I}_c - \dot{I}_a$ 。这样每种相序情况下接线方式

为  $3 \times 8 = 24$  种,正、逆相序接线方式供  $2 \times 24 = 48$  种。如果再考虑感性负载和容性负载两种情况向量图及功率表达式计算方法的差异,其种类就是 96 种。这 96 种接线都可能存在两种不同情况的单只 TV 极性接反情况,所以包含 TV 极性接反的错接线情况共

有  $2 \times 96 = 192$  种。两只 TV 同时接反的接线,其反向翻转版(电压电流同时反向翻转后的接线)是 TV 极性正向接线,故该情况在以上统计的接线中实际已经包括。192 种单只 TV 极性接反的错接线方式看似纷繁复杂,但检测、分析、计算、更正方法及原理都一样,以本文“TV 极性接反线电压定点翻转”的理论基础和操作方法判定、更正错接线不仅简便、快捷、精准,而且可根据设定条件或最简更正原则进行唯一错接情况判定和更正方案确定。

## 参考文献:

- [1] 唐佐樑,梁德正,方吉六,等.电能计量手册(第一版)[M].郑州:河南科技出版社,1990.
- [2] 濮贤成等.电能计量装置安装与接线判读[M].北京:中国电力出版社 2013.

## 作者简介:

王宇霖(1963-),男,江苏泰州人,南京电力专科学校发电厂及电力系统专业毕业,工程师,曾从事线路运行管理、计量管理、安全监察及用电检查工作,目前从事反窃电检查、检测管理工作;

孙杰(1968-),男,江苏泰州人,上海电力学校自动控制专业毕业,工程师,曾从事负控管理、需求侧管理及用电检查工作,目前从事计量管理工作。