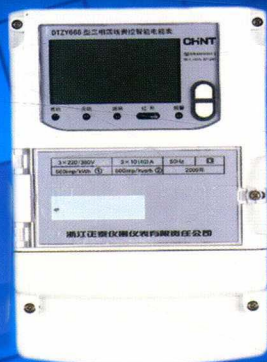


SANXIANG DIANNENGBIAO JIEXIAN
ZHENDUAN FANGFA YU SHILI



三相电能表接线 诊断方法与实例

孟凡利 祝素云 编著
冯永军 王 乐



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

SANXIANG DIANNENGBIAO JIEXIAN

ZHENDUAN FANGFA YU SHILI

三相电能表接线 诊断方法与实例

孟凡利 祝素云

冯永军 王 乐

编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书对相位伏安表及相量图法进行了简要介绍,列举了三相电能表不同类型的常见错误接线方式,并针对各类错误接线方式介绍了多种判断、分析错误接线的方法。

本书可作为电力营销专业人员的学习用书,也可供相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

三相电能表接线诊断方法与实例 / 孟凡利等编著. —北京:中国电力出版社, 2016.5

ISBN 978-7-5123-8911-3

I. ①三… II. ①孟… III. ①三相电度表—接线错误—诊断 IV. ①TM933.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 026645 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 5 月第一版 2016 年 5 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 3.5 印张 75 千字

定价 12.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

判断三相电能表错误接线的方法是从事电力营销专业人员，特别是装表接电、用电检查专业人员的必备技能，也是国家电网公司和其他电力公司在营销技能竞赛中必设的项目之一。电能表接线是否正确，将直接影响到电能计量的准确性，用于贸易结算的电能表会影响供用双方的经济利益，能否及时准确地判断出电能表接线是否正确关乎计量的公平性。

本书主要通过列举不同类型的三相电能表错误接线方式，并用多种方法判断、分析错误接线结果，使电力营销专业人员、参赛选手及新入职员工能熟练掌握这一技能。参与编著本书的作者都是多年从事电能计量工作的一线员工，他们经常参与负责本单位和省电力公司电力营销竞赛有关电能表错误接线项目的教练任务，他们是国网焦作供电公司孟凡利、祝素云、王乐，国网濮阳供电公司冯永军。此外，国网焦作供电公司任建成、宋涛，国网濮阳供电公司房志令也为本书的编写完成做了大量的工作。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，望广大读者批评指正，我们将及时改正。

编著者

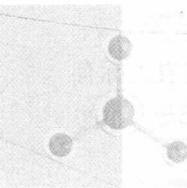
前言

相位伏安表及相量法概述	1
一、相位伏安表使用概述	1
二、相量图法概述	3
实例一 错误现象为电能表表尾电压正相序 WUV; 电流相序 $I_U I_W$; 功率因数为感性	8
方法一: 用对地测量电压的方法确定 V 相, 确定 电压相序, 分析错误接线	8
方法二: 用不对地测量电压的方法确定 V 相, 分析 判断错误接线	12
方法三: 用测量线电压相位角的方法判断相序, 分析 判断错误接线	13
方法四: 用直接判断电能表表尾 U_1 、 U_2 、 U_3 电压相序 的方法, 分析判断错误接线	16
实例二 错误现象为电能表表尾电压逆相序 VUW, 电流相序 $I_U I_W$, U 相电流极性反接, 功率 因数为感性	21
方法一: 用对地测量电压的方法确定 V 相, 确定 电压相序, 分析错误接线	21
方法二: 用不对地测量电压的方法确定 V 相, 分析 判断错误接线	25

方法三：用测量线电压相位角的方法判断相序， 分析判断错误接线	26
方法四：用直接判断电能表表尾 U_1 、 U_2 、 U_3 电压 相序的方法，分析判断错误接线	29
实例三 错误现象为电能表表尾电压正相序 WUV； 电流相序 $I_W I_U$；功率因数为容性	34
方法一：用对地测量电压的方法确定 V 相，确定 电压相序，分析错误接线	34
方法二：用不对地测量电压的方法确定 V 相， 分析判断错误接线	39
方法三：用测两线电压相位角的方法判断相序， 分析判断错误接线	40
方法四：用直接判断电能表表尾 U_1 、 U_2 、 U_3 电压 相序的方法，分析判断错误接线	42
实例四 错误现象为电能表表尾电压逆相序 UWV； 电流相序 $I_U I_W$；W 相电流极性反接；功率 因数为容性	47
方法一：用对地测量电压的方法确定 V 相， 确定电压相序，分析错误接线	47
方法二：用不对地测量电压的方法确定 V 相， 分析判断错误接线	50
方法三：用测量线电压相位角的方法判断相序， 分析判断错误接线	51
方法四：用直接判断电能表表尾 U_1 、 U_2 、 U_3 电压相序的方法，分析判断错误接线	54

实例五 错误现象为电能表表尾电压正相序 VWU；	
电流相序 $I_U I_W$；TV 二次侧 U 相极性反接；	
功率因数为感性	59
方法一：用对地测量电压的方法确定 V 相，分析	
TV 二次侧极性反接时的错误接线	59
方法二：用不对地测量电压确定 V 相的方法之一，	
分析 TV 二次侧极性反接时的错误接线	64
方法三：用不对地测量电压确定 V 相的方法之二，	
分析 TV 二次侧极性反接时的错误接线	65
方法四：使用相位表测量数据，利用原理图分析 TV	
二次侧极性反接时的错误接线	66
方法五：用直接判断电能表表尾 U_1 、 U_2 、 U_3 电压相序	
的方法，分析判断错误接线	68
实例六 错误现象为电能表表尾电压逆相序 UWV；	
电流相序 $I_W I_U$；W 相电流极性反接；TV	
二次侧 W 相极性反接；功率因数为感性	73
方法一：用对地测量电压的方法确定 V 相，分析	
TV 二次侧极性反接时的错误接线	73
方法二：用不对地测量电压确定 V 相的方法之一，	
分析 TV 二次侧极性反接时的错误接线	78
方法三：用不对地测量电压确定 V 相的方法之二，	
分析 TV 二次侧极性反接时的错误接线	79
方法四：使用相位表测量数据，利用原理图分析 TV	
二次侧极性反接时的错误接线	80
方法五：用直接判断电能表表尾 U_1 、 U_2 、 U_3 电压相序	
的方法，分析判断错误接线	82

实例七 错误现象为电能表表尾电压正相序 VWU; 电流相序 $I_U I_W$; W 相电流极性反接; U 相 电压断相; 功率因数感性	87
方法一: 用对地测量电压的方法确定 V 相, 分析 TV 二次侧电压断相的错误接线	87
方法二: 用不对地测量电压的方法确定 V 相, 分析 TV 二次侧电压断相的错误接线	92
实例八 错误现象为电能表表尾电压逆相序 WVU; 电流相序 $I_W I_U$; W 相电压断相; 功率因数为感性	93
方法一: 用对地测量电压的方法确定 V 相, 分析 TV 二次侧电压断相的错误接线	93
方法二: 用不对地测量电压的方法确定 V 相, 分析 TV 二次侧电压断相的错误接线	98
附录 常用三角函数公式	100
参考文献	101



相位伏安表及相量法概述

一、相位伏安表使用概述

本书判断三相电能表接线的方法，是以相位伏安表（简称相位表）测试的数据为例进行判断分析的。

1. 相位伏安表使用方法简介

以 SMG 2000 相位表为例（如图 1 所示）相位伏安表具有 U_1I_1 和 U_2I_2 两组测试接线区域， U_1I_1 在相位上超前 U_2I_2 。测量时应特别注意。

（1）测量电压：选择对应接线区域电压挡“U”，将红、黑表笔与测量点接触，窗口显示电压值。

（2）测量电流：选择对应接线区域电流挡“I”，将电流卡钳卡住需测电流的导线，窗口显示电流值。

（3）测量电压与电流之间的相位差角：选择相位角挡“ φ ”，此时应注意，使用相位伏安表时 I_1 和 U_2 是一组， I_2 和 U_1 是一组（推荐）。

1) 将相位伏安表的红表笔和黑表笔连线的另一端按颜色分别插入相位表上标有“ U_1 ”的两

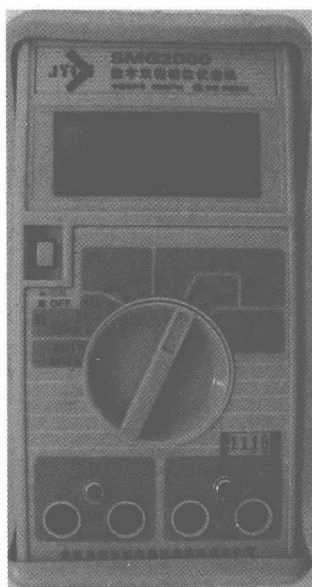


图 1

侧插孔内。

2) 将相位伏安表电流卡钳连线的另一端插入相位表上标有“ I_2 ”的插孔内, 将电流卡钳卡住电流进线(应注意电流卡钳的极性一定要正确)。

3) 再将红表笔和黑表笔分别接触到需测电压的 U 、 V 两个端子上。窗口显示值是 U_{UV} 与 I 之间的夹角。

(4) 在使用相位伏安表前应先对其进行“校准”。具体方法是将相位表上的旋钮开关旋至“ 360° 校”挡。此时, 相位表上的显示窗口应显示“ 360 ”, 若显示值不是“ 360 ”时, 可调节“ W ”校准螺钉, 直至其显示值为“ 360 ”为止。

2. 相位伏安表与电能表表尾接线端子符号标识约定

本书中所描述的电压电流符号标识约定如下:

(1) 电能表表尾接线端子电压与电流符号标识分别为 U_1 、 U_2 、 U_3 和 I_1 、 I_3 。例如, 三相电能表正确接线时的 U_U 、 U_V 、 U_W 和 I_U 、 I_W 。

(2) 测试数据表中电压与电流标识符号, 与电能表表尾接线端子电压与电流标识符号, 接线顺序一致。

3. 功率因数取值范围

(1) 感性负荷: $0^\circ \leq \varphi < 60^\circ$ 。

(2) 容性负荷: $-40^\circ < \varphi < 0^\circ$ 。

4. 数据测量

本书中所有数据测试来源于万特电能表接线仿真系统。

5. 接线测试方法及注意事项

本书主要介绍的三相电能表接线测试方法是相位伏安表法。测试数据时需注意被测对象的相位关系。利用相量图法判断三相电能表接线时, 如需判断电能表接线相序(顺序)唯一性, 必须先定相, 否则, 接线相序不唯一。

二、相量图法概述

1. 相量图法

一般采用比较法判断三相电能表接线是否正确,即相量图法。所谓相量图法就是通过电源侧相量图与接入电能表表尾接线端子测得的相量图进行比较,来判断接入电能表电源线的相序是否正确。主要测量:电压值、电流值及电能表各分元件对应的电压和电流相位角。辅助测量:确定 V 相,测各相电压对地为零值;确定相序,测电压与电压之间及电压与电流之间相位角。需要注意的是,确定 V 相是为了判断接线的唯一性,否则不唯一。

2. 电源侧与电能表表尾接线端子测得的相量图区别

三相交流电的相序有两种排列方式,即正相序与逆相序。所谓正相序是指 U、V、W 三相按顺时针方向排列,即 UVW、VWU、WUV;所谓逆相序是指 U、V、W 三相按逆时针方向排列,即 WVU、VUW、UWV。无论是三相三线或三相四线式电能表,接入三相电能表的电压相序为 UVW 三相正相序排列时才能正确计量三相电能。正相序与逆相序是对接入三相电源的负荷侧即电能表而言的,即接入电能表表尾接线端子电压的排列顺序,电源侧相序是不变的。因此,如何正确画出三相交流电相量图是正确使用比较法判断电能表接线的关键所在。其核心是电源侧三相交流电相量图相序是正相序不变的,即 U、V、W 三相是正相序且互差 120° ,如图 2 所示。

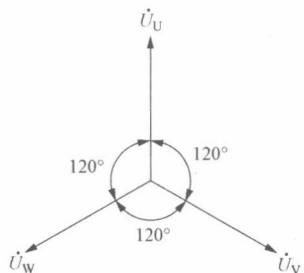


图 2

画负荷侧即三相电能表三相电

压相量图时其标识应注意与电源侧区别开来，因为三相电能表在接线正确的情况下相序与电源侧一致，为 UVW。在接线错误的情况下与电源侧相序不一致，如不加以区别，就会造成标识混乱给判断分析带来困难。因此，将三相电能表表尾电压接线端子按正序分别用下标 1、2、3 来标识（也可以用其他下标标识）。图 3 为三相电压正相序接入时的相量图。图 4 为三相电压逆相序接入时的相量图。

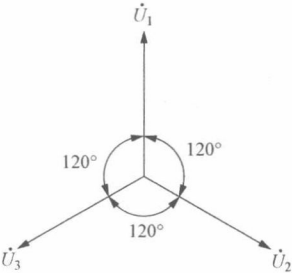


图 3

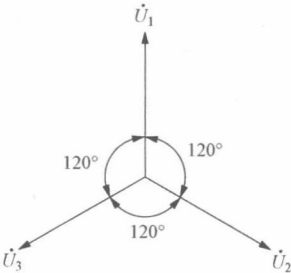


图 4

3. 利用相量图判断三相电能表相序

如图 3 所示，如果确定 U_2 为三相电压 V 相，即可判断 U_1 为 U 相， U_3 为 W 相，即相序为 UVW。如果确定 U_3 为三相电压 V 相，即可判断 U_1 为 W 相， U_2 为 U 相，即相序为 WUV。

如图 4 所示，如果确定 U_2 为三相电压 V 相，即可判断 U_1 为 W 相， U_3 为 U 相，即相序为 WVU。如果确定 U_3 为三相电压 V 相，即可判断 U_1 为 U 相， U_2 为 W 相，即相序为 UWV。

通过图 3、图 4 分析可知，无论是正相序还是逆相序画出的相量图，都必须符合图 2 所示的标准，这是因为三相电源相序对称的原理是不会改变的，只是接入负荷侧时（即电能表时）相序接错会改变各相顺序，这也是利用相量图法能够判断电能表接线是否正确的原理所在。

4. 举例说明相量图的画法

三相电流与三相电压相量图一样, 正确接线情况下电流与电压应遵循随相原则, 其相位与负荷性质有关, 若是纯阻性负荷, 则电流与电压同相, 若是感性负荷, 则电流滞后电压一个 φ 角, 若是容性负荷, 则电流超前电压一个 φ 角。

以三相三线有功电能表为例, 画出其相量图。

三相三线有功电能表第一组元件所加电压与电流分别为 U_{UV} 和 I_U ;

三相三线有功电能表第二组元件所加电压与电流分别为 U_{WV} 和 I_W 。

第一步, 先画出三相电压相量图, 如图 5 所示。

第二步, 画出 U_{UV} 电压相量图, 如图 6 所示。

$$\dot{U}_{UV} = \dot{U}_U - \dot{U}_V = \dot{U}_U + (-\dot{U}_V)$$

根据相量平行四边形法
则画出 $\dot{U}_{UV}$ 相量。

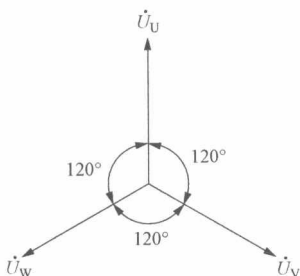


图 5

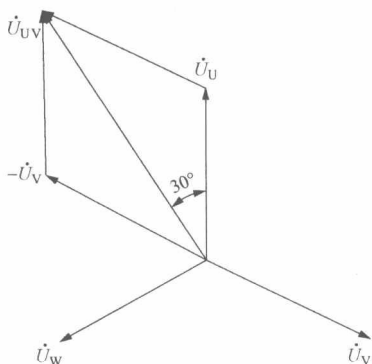


图 6

第三步, 画出 $\dot{U}_{wv}$ 电压相量图, 如图 7 所示。

$$\dot{U}_{wv} = \dot{U}_W - \dot{U}_V = \dot{U}_W + (-\dot{U}_V)$$

根据相量平行四边形法则画出 $\dot{U}_{wv}$ 相量。

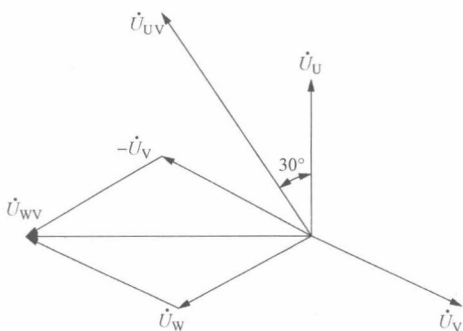


图 7

$\dot{U}_{UV}$ 和 $\dot{U}_{WV}$ 相量图如图 8 所示。

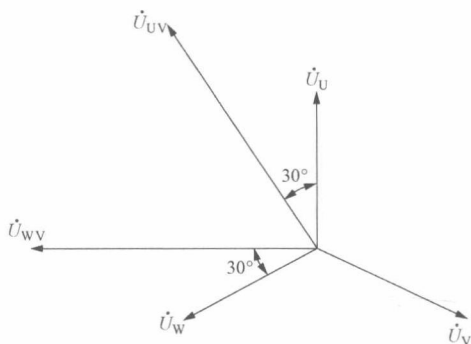


图 8

第四步，分别画出 $\dot{I}_U$ 和 $\dot{I}_W$ 电流相量图，如图 9 所示。

第五步，列出功率表达式。

第一元件：

$$P_1 = U_{UV} I_U \cos(30^\circ + \varphi)$$

第二元件：

$$P_2 = U_{WV} I_W \cos(30^\circ - \varphi)$$

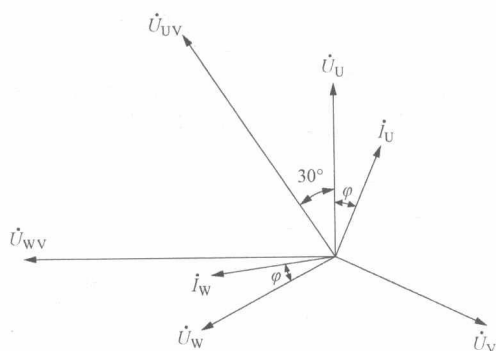


图 9

实例一

错误现象为电能表表尾电压正相序 WUV;
电流相序 $I_U I_W$; 功率因数为感性

方法一：用对地测量电压的方法确定 V 相，确定电压相序，
分析错误接线

1. 测量操作步骤

(1) 将相位表用于测量电压的红表笔和黑表笔分别插入 U_1 两侧对应的插孔中。电流卡钳插入 I_2 孔中，相位表挡位应打在 I_2 的 10A 挡位上。将电流卡钳（按卡钳极性标志）依次分别卡住两相电流线，可测得 I_1 和 I_3 的电流值，并做记录。

(2) 相位表挡位旋转至 U_1 侧的 200V 挡位上。此时，假设电能表表尾的三相电压端子分别是 U_1 、 U_2 、 U_3 。将红表笔触放在表尾的 U_1 端子，黑表笔触放在 U_2 端子，可测得线电压 U_{12} 的电压值。按此方法再分别测得 U_{32} 和 U_{31} 的电压值，并做记录。

(3) 将红表笔触放在表尾 U_1 端，黑表笔触放在对地端（工作现场的接地线），可测得相电压 U_{10} 的电压值。然后，黑表笔不动，移动红表笔测得 U_{20} 和 U_{30} 的电压值，其中有一相为零，并做记录。

(4) 相位表挡位旋转至 φ 的位置上，电流卡钳卡住 I_1 的电流进线。相位表的黑表笔触放在测得的相电压等于零的电压端子上，红表笔放在某一相电压端子上，测得与 I_1 相关的一个角度 φ_1 ；然后将红表笔再放在另一相电压端子上，又测得与 I_1 相关的一个角度 φ_2 。按此方法，将电流改变用 I_3 又可测得与 I_3 相关的两个角度 φ_3 和 φ_4 ，并做记录。

2. 数据分析步骤

(1) 测得的电流 I_1 和 I_3 都有数值, 且大小基本相同时, 说明电能表无断流现象, 是在负载平衡状态下运行的。

(2) 测量的线电压 $U_{12}=U_{32}=U_{31}=100\text{V}$ 时, 说明电能表电压正常, 无电压断相和极性相反情况。

(3) 若测量的相电压中两个值等于 100V , 一个值等于零, 说明电压值正常。并且其中等于零的那一相就是电能表实际接线中的 V 相。

(4) 对测量的电压和电流的夹角进行比较。 φ_1 和 φ_2 比较 (或 φ_3 和 φ_4 比较), 相位差 60° 时, 角度小的就是电能表实际接线中的 U 相电压。那么, 另一相电压就是 W 相; 相位差 300° 时, 角度大的就是电能表实际接线中的 U 相电压。那么, 另一相电压就是 W 相, 此时, 电能表的实际电压相序就可以判断出来。

(5) 画出相量图。在相量图上用测得的两组角度确定电流 I_1 和 I_3 的位置。在相量图上先用和 I_1 有关的两个实际线电压为基准, 顺时针旋转 φ_1 和 φ_2 两个角度, 旋转后两个角度基本重合在一起, 该位置就是电流 I_1 在相量图上的位置。同样, 顺时针旋转 φ_3 和 φ_4 的角度, 得到电流 I_3 在相量图上的位置, 此时就可以确定电流的相序。

(6) 依据判断出的电压相序和电流相序, 可以做出错误接线的结论。并根据结论写出错误接线时的功率表达式。

3. 实例分析

错误现象为电能表表尾电压正相序 WUV, 电流相序为 $I_U I_W$ 。

图 10 是三相三线有功电能表的错误接线。电压 U_{UV} 与 U_{WV} 分别接于第一元件和第二元件电压线圈上。由于电压互感器 (TV) 二次侧互为反极性, 使得 U 相元件电压线圈两端实际承受的电压为 U_{WU} ; W 相元件电压线圈两端实际承受的电压则为