

运行中电能计量装置错误接线 检测与分析

孟凡利 祝素云 李红艳 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

运行中电能计量装置错误接线 检测与分析

孟凡利 祝素云 李红艳 冯峰 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》为依据，通过了解电能计量装置分类、电能计量装置的接线方式、电能计量装置的准确度等级、配置原则及各类电能计量装置在电力企业中的地位，根据现场电能计量装置实际运行状况，以 V/V 接线的交流有功、60°型无功电能表及互感器联合错误接线的分析为主，重点介绍了电压互感器二次侧不断相和断相时的错误接线实例，共计 143 种。

本书适用于现场计量工作人员等参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

运行中电能计量装置错误接线检测与分析/孟凡利，祝素云，李红艳编著. —北京：中国电力出版社，2005

ISBN 7-5083-3598-8

I. 运... II. ①孟... ②祝... ③李... III. ①电能-电量测量-导线连接-故障诊断②电能-电量测量-导线连接-故障修复 IV. TM933.407

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 100471 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第二次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 17.75 印张 504 千字

印数 3001—6000 册 定价 30.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前 言

电能计量装置是用于电力企业贸易结算和企业内部经济技术指标考核的电能计量器具。电能计量装置的准确性直接影响贸易结算的公正性及电力企业内部经济技术指标的制定。电能计量装置是由各种类型电能表、计量用电压、电流互感器及其二次回路等组成，所计电能量由电能表的示值和互感器变比具体显示出来。一般情况下，电能表、互感器在安装前都是经过检验合格后才进行安装，二者基本误差很小，对计量的准确性影响不大。但是，电能表、互感器在安装接线过程中，很容易发生错误接线，这将造成大的计量误差。因此，电能计量装置能否正确计量电能，取决于电能表、计量用电压互感器、电流互感器基本误差是否合格，二次回路接线是否正确。而三者之间接线是否正确尤为重要。如何发现和及时更正错误接线，降低计量线损是当前计量工作的重点，也是电力企业“扩供降损”的一项重要措施。

目前，国内虽然有一些专门论述电能表的错误接线及其分析的书籍，但大都晦涩难懂，对于从事计量工作的专业技术人员来说是一本好的参考书，但对于从事电能计量现场工作的广大计量工作人员来说，缺少一些实际操作及量化分析过程，不利于普及学习。

本书参加编写的人员都是从事电能计量工作最基层的现场计量人员，他们从实际出发，根据大量经过实际操作证明后的经验，以最通俗的语言，按照实际操作的每一步来引导分析而进行编写。目的是做到通俗易懂，便于操作，为从事电能计量现场工作最基层的计量人员服务。

河南省电力公司市场营销部卢兴远、湖南长沙电力学院朱树

人、河南郑州电力专科学校李红艳参与了本书的编写并予以审稿，提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

冯峰参与了本书第三、第四章试验数据的测试，在此也表示感谢。

我们有尽最大努力写好本书以给读者某些方面提供有价值的帮助的强烈愿望和渴求，但编写时间和编写水平所限，书中不妥和错漏之处在所难免，恳请广大读者给予批评指正。

编著者

2005 年元月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 电能计量装置的接线方式	1
第二节 电能计量装置分类	2
第三节 电能计量装置的准确度等级及配置	2
第四节 电能计量装置的配置原则	3
第五节 电能计量装置现场检验与周期轮换	6
第六节 用电分类及各类计量装置用量构成分析	6
第七节 电能计量装置故障种类及分析	7
第二章 错误接线的测量方法及分析	9
第一节 有功电能、无功电能的测量原理	9
第二节 测量工具及测量点的选择	16
第三节 电压互感器二次侧不断相时电能表错误接线的测量方法及分析	19
第四节 电压互感器二次侧断相时电能表错误接线的测量方法及分析	21
第五节 现场测量电能表数据时应注意的事项	23
第六节 更换电能表或电能表接线时应注意的事项	25
第三章 电压互感器二次侧不断相时电能表错误接线实例分析	26

第一节	电压相序为 UVW 时的错误接线实例分析	26
第二节	电压相序为 VWU 时的错误接线实例分析	47
第三节	电压相序为 WUV 时的错误接线实例分析	74
第四节	电压相序为 UWV 时的错误接线实例分析	101
第五节	电压相序为 VUW 时的错误接线实例分析	128
第六节	电压相序为 WVU 时的错误接线实例分析	154

第四章 电压互感器二次侧断相时电能表错误接线的实例分析

第一节	电压相序为 UVW 时的错误接线实例分析	182
第二节	电压相序为 VWU 时的错误接线实例分析	242
第三节	电压相序为 WUV 时的错误接线实例分析	304
第四节	电压相序为 UWV 时的错误接线实例分析	367
第五节	电压相序为 VUW 时的错误接线实例分析	430
第六节	电压相序为 WVU 时的错误接线实例分析	492

第五章 差错电量追退浅析

第一节	错误电量追退原则	553
第二节	更正系数及差错电量计算	554
第三节	电能表基本误差对追退电量的影响	556
参考文献		559

第一章

概 述

第一节 电能计量装置的接线方式

确定电能计量的接线方式,首先明确电力客户的电能计量方式。按照电力客户受电端电压不同,分为高供高计、高供低计、低供低计三种计量方式。电能计量装置的接线方式按电力客户用电设备不同,分为单相、三相三线、三相四线方式;按电压等级和电流大小不同,分为高压计量和低压计量方式,直接接入和经互感器接入方式。

根据 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》规定,电能计量装置的接线方式有以下几种:

(1) 接入中性点绝缘系统的电能计量装置,应采用三相三线有功、无功电能表。接入非中性点绝缘系统的电能计量装置,应采用三相四线有功、无功电能表或三只感应式无止逆单相电能表。

(2) 接入中性点绝缘系统的3台电压互感器,35kV及以上的宜采用Y/y方式接线;35kV以下的宜采用V/v方式接线。接入非中性点绝缘系统的3台电压互感器,35kV及以上的宜采用 Y_0/y_0 方式接线。其一次侧接地方式和系统接地方式相一致。

(3) 低压供电,负荷电流为50A及以下时,宜采用直接接入式电能表;负荷电流为50A以上时,宜采用经电流互感器接入的接线方式。

(4) 对三相三线制接线的电能计量装置,其2台电流互感器二次绕组与电能表之间宜采用四线连接。对三相四线制接线的电能计量装置,其3台电流互感器二次绕组与电能表之间宜采用六线连接。

文中所指的中性点绝缘系统:即一个系统,除了通过具有高阻抗的指示、测量仪表或保护装置接地外,无其他旨在接地的连接。

第二节 电能计量装置分类

根据 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》规定，运行中的电能计量装置按其所计量电能量的多少和计量对象的重要程度分五类（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ）进行管理。

1. Ⅰ类电能计量装置

月平均用电量 500 万 kWh 及以上或变压器容量为 10000kVA 及以上的高压计费用户、200MW 及以上发电机、发电企业上网电量、电网经营企业之间的电量交换点、省级电网经营企业与供电企业的供电关口计量点的电能计量装置。

2. Ⅱ类电能计量装置

月平均用电量 100 万 kWh 及以上或变压器容量为 2000kVA 及以上的高压计费用户、100MW 及以上发电机、供电企业之间的电量交换点的电能计量装置。

3. Ⅲ类电能计量装置

月平均用电量 10 万 kWh 及以上或变压器容量为 315kVA 及以上的计费用户、100MW 以下发电机、发电企业厂（站）用电量、供电企业内部用于承包考核的计量点、考核有功电量平衡的 110kV 及以上的送电线路电能计量装置。

4. Ⅳ类电能计量装置

负荷容量为 315kVA 以下的计费用户、发供电企业内部经济技术指标分析、考核用的电能计量装置。

5. Ⅴ类电能计量装置

单相供电的电力用户计费用电能计量装置。

第三节 电能计量装置的准确度等级及配置

根据 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》规定，各类电能计量装置应配置的电能表、互感器的准确度等级不应低于表 1-1 所示值。

表 1-1

准确度等级

电能计量 装置类别	准确度等级			
	有功电能表	无功电能表	电压互感器	电流互感器
I	0.2S 或 0.5S	2.0	0.2	0.2S 或 0.2*
II	0.5S 或 0.5	2.0	0.2	0.2S 或 0.2*
III	1.0	2.0	0.5	0.5S
IV	2.0	3.0	0.5	0.5S
V	2.0	—	—	0.5S

* 0.2级电流互感器仅在发电机出口电能计量装置中配用。

I、II类用于贸易结算的电能计量装置中电压互感器二次回路电压降应不大于其额定二次电压的0.2%；其他电能计量装置中电压互感器二次回路电压降应不大于其额定二次电压的0.5%。

第四节 电能计量装置的配置原则

电能计量装置的配置原则如下：

(1) 贸易结算用的电能计量装置原则上应设置在供用电设施产权分界处；在发电企业上网线路、电网经营企业间的联络线路和专线供电线路的另一端应设置考核用电能计量装置。

(2) I、II、III类贸易结算用电能计量装置应按计量点配置专用电压、电流互感器或者专用二次绕组及其二次回路不得接入与电能计量无关的设备。

(3) 计量单机容量在100MW及以上发电机组上网贸易结算电量的电能计量装置和电网经营企业之间购销电量的电能计量装置，宜配置准确等级相同的主副两套有功电能表。

(4) 35kV以上贸易结算用电能计量装置中电压互感器二次回路，应不装设隔离开关辅助接点，但可装设熔断器；35kV及以下贸易结算用电能计量装置中电压互感器二次回路，应不装设隔离开关辅助接点和熔断器。

(5) 安装在用户处的贸易结算用电能计量装置，10kV及以下电

压供电的用户，应配置全国统一标准的电能计量柜或电能计量箱；35kV 电压供电的用户，宜配置全国统一标准的电能计量柜或电能计量箱。

(6) 贸易结算用高压电能计量装置应装设电压失压计时器。未配置计量柜（箱）的，其互感器二次回路的所有接线端子、试验端子应能实施铅封。

(7) 互感器二次回路的连接导线截面应按电流互感器的额定二次负荷计算确定，至少应不小于 4mm^2 。对电压二次回路，连接导线截面应按允许的电压降计算确定，至少应不小于 2.5mm^2 。

(8) 互感器二次负荷应在 25% ~ 100% 额定二次负荷范围内；电流互感器额定二次负荷的功率因数应为 0.8 ~ 1.0；电压互感器额定二次负荷的功率因数应与实际二次负荷的功率因数接近。

(9) 电流互感器额定一次电流的确定，应保证其在正常运行中的实际负荷电流达到额定值的 60% 左右，至少应不小于 30%。否则应选用高动热稳定电流互感器以减小变比。用公式表达

$$\frac{\text{实际负荷电流}(I_f)}{\text{额定一次电流}(I_{1N})} \times 100\% \approx 60\% \sim 30\%$$

电流互感器额定一次电流的选择

$$I_{1N} = \frac{I_f}{60\%}$$

(10) 为提高低负荷计量的准确性，应选用过载 4 倍及以上的电能表。用公式表达

$$\frac{I_{\max}}{I_b} \geq 4$$

式中 I_b ——标称电流，A；

I_{\max} ——额定最大电流，A。

(11) 经电流互感器接入的电能表，其标称电流不宜超过电流互感器额定二次电流的 30%，其额定最大电流应为电流互感器额定二次电流的 120% 左右。直接接入式电能表的标称电流应按正常运行负荷电流的 30% 左右进行选择。用公式表达

经电流互感器接入：

$$I_b \leq I_{2N} \times 30\%$$

$$I_{\max} \leq I_{2N} \times 120\%$$

式中 I_{2N} ——电流互感器额定二次电流，A。

直接接入：

$$I_b = I_f \times 30\%$$

式中 I_f ——负荷电流，A。

(12) 执行功率因数调整电费的用户，应安装能计量有功电量、感性和容性无功电量的电能计量装置；按最大需量计收基本电费的 用户应装设具有最大需量计量功能的电能表；实行分时电价的用户应装设复费率电能表或多功能电能表。

(13) 带有数据通信接口的电能表，其通信规约应符合 DL/T 645—1997《多功能电能表通信规约》的要求。

(14) 具有正、反向送电的计量点应装设计量正向和反向有功电量以及四象限无功电量的电能表。

【例题 1】 某电力客户新装一台容量为 315kV 变压器 10kV 供电，高供高计，请选配电流、电压互感器额定变比及电能表。

解：

$$I_f = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{315}{\sqrt{3} \times 10} \approx 18.19(\text{A})$$

$$I_{1N} = \frac{I_f}{60\%} = \frac{18.19}{0.6} \approx 30.32(\text{A})$$

$$I_b \leq I_{2N} \times 30\% = 5 \times 30\% = 1.5(\text{A})$$

$$I_{\max} \leq I_{2N} \times 120\% = 5 \times 120\% = 6(\text{A})$$

电流互感器应选 0.5S 级 30/5A 两台，电压互感器选 0.5 级 10kV/100V 两台。电能表选 1.0 级 3×100V，1.5 (6) A 一只，无功电能表 2.0 级 3×100V，1.5 (6) A 一只。

【例题 2】 某低压电力客户用电，其实际负荷为 30A，请选配电能表。

解：

$$\begin{aligned} I_b &= I_f \times 30\% \\ &= 30 \times 30\% \\ &= 9(\text{A}) \end{aligned}$$

$$I_{\max} = I_b \times 4 = 36(\text{A})$$

故应选配 2.0 级 $3 \times 220/380\text{V}$, 10 (40) A 电能表一只。

第五节 电能计量装置现场检验与周期轮换

电能计量装置的现场检验与周期轮换：

(1) 新投运或改造后的 I、II、III 类高压电能计量装置应在一个月内进行首次现场检验。

(2) I 类电能表至少每三个月现场检验一次；II 类电能表至少每六个月现场检验一次；III 类电能表至少每年现场检验一次。

(3) 高压互感器每十年现场检验一次，当现场检验互感器误差超差时，应查明原因，制定更换或改造计划，尽快解决，时间不得超过下一次主设备检修完成日期。

(4) 运行中的电压互感器二次回路电压降应定期进行检验。对 35kV 及以上的电压互感器二次回路电压降，至少每两年检验一次。当二次回路负荷超过互感器额定二次负荷或二次回路电压降超差时应及时查明原因，并在一个月内处理。

(5) 运行中的 I、II、III 类电能表的轮换周期一般为 3~4 年。运行中的 IV 类电能表的轮换周期一般为 4~6 年。

第六节 用电分类及各类计量装置用量构成分析

按用电类别分为居民生活用电、商业用电、公共事业用电、工业用电、农业用电等。

按电价类别分为照明电价、非工业电价、普通工业电价、大工业电价、农业生产电价、趸售电价等。

按电能计量装置分类情况，I、II、III、IV 类电能计量装置所计量的为非照明电力客户用电量，V 类电能计量装置所计量的为照明电力客户用电量。一个地区或城市的用电构成，一般情况下，用于照明用电的单相电能表占电能表总数 90% 左右，而售电量只占总售电量 10% 左右；用于计量 I、II、III 类电力客户用电量的电

能表占电能表总数 10% 左右，而售电量占总售电量 70% ~ 90% 左右。由此可以看出，I、II、III 类电能计量装置计量是否准确，对供用电双方的经济利益影响很大。确保 I、II、III 类电能计量装置的正常运行具有重要意义。因此，本书重点分析 I、II、III 类高压电能计量装置的错误接线。

第七节 电能计量装置故障种类及分析

电能计量装置故障和计量差错多种多样，主要有以下几个方面：

- (1) 电能表、互感器失准或损坏；
- (2) 电压保险烧断；
- (3) 电能计量装置接线错误；
- (4) 电流回路短路；
- (5) 窃电行为引起的计量差错。

目前，I、II、III 类高压电能计量装置接线方式，I 类电能计量装置大多采用 Y/y 接线方式；II、III 类电能计量装置大多采用 V/v 接线方式。I 类电能计量装置主要用于计量省级电网经营企业与供电企业的供电关口计量点的电能计量装置，数量少运行环境好，且接线大多采用 Y/y 接线方式，由于错误接线引起的计量故障概率较低。II、III 类电能计量装置主要用于高压计费电力客户的计量，计费电力客户数量相对较大，计量装置运行环境较差，供电电压等级一般在 35kV 及以下，容易造成熔断器熔断；且接线大多采用 V/v 接线方式，容易造成电能计量装置接线错误。按照 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》要求，V/v 接线方式常用的简化三线连接方式将逐步改造成四线连接方式。因此，本书将重点分析 V/v 接线方式四线连接方式的电能计量装置错误接线。

V/v 接线方式的电能计量装置配置，三相三线制的有功、无功电能表，两台电压、电流互感器及连接电能表与互感器的二次导线。由于电能表型号、种类较多，不同型号、种类的有功电能表和无功电能表相配置，所反映出的参数也不相同。如交流感应式电能

表与电子式电能表、 60° 无功电能表和 90° 无功电能表即是如此。交流感应式 86 系列电能表较为常用，本书就以交流感应式有功电能表型号 DS862，规格 $3 \times 100\text{V}$ ， $3 \times 1.5(6)\text{A}$ ； 60° 无功电能表型号 DX862，规格 $3 \times 100\text{V}$ ， $3 \times 1.5(6)\text{A}$ 联合接线为例，重点分析高压有功、无功电能计量的联合接线，共计 143 种错误接线实例。通过对大量实例的分析学习，希望能起到抛砖引玉的效果。

第二章

错误接线的测量方法及分析

第一节 有功电能、无功电能的测量原理

一、单相电路有功电能的测量原理

单相电路的有功功率分析如下：

瞬时功率： $p = ui$

在正弦交流电路中，有功功率为： $P = UI \cos(\widehat{UI}) = UI \cos \varphi$

单相电能表的原理接线图，如图 2-1 (a) 所示。

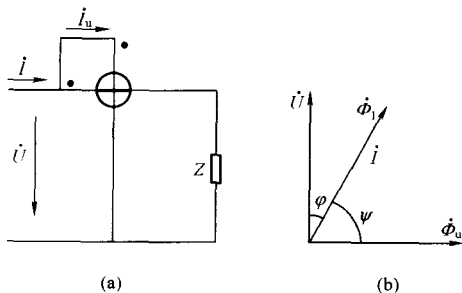


图 2-1

电能表的电流线圈与电源相线串联，有“·”端必须与电源端相连；电压线圈要跨接在电源端的相线与零线之间，有“·”端必须与电源端的相线连接。单相电能表原理接线相量图，如图 2-1 (b) 所示。此时，电能表测得的有功功率为

$$P = UI \cos(\widehat{UI}) = UI \cos \varphi$$

二、三相电路有功电能的测量原理

1. 三相三线制电路的有功功率

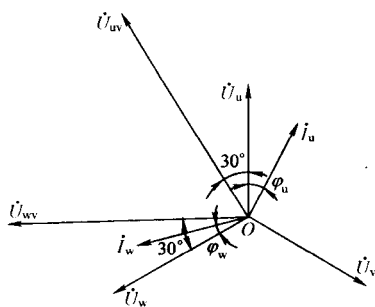


图 2-2

图 2-2 所示为三相三线制电路相量图，对于三相三线制电路，不论电路是否对称，都有

$$i_u + i_v + i_w = 0$$

即

$$i_v = -(i_u + i_w)$$

三相瞬时功率：

$$\begin{aligned} p &= p_u + p_v + p_w \\ &= i_u u_u + i_v u_v + i_w u_w \\ &= (u_u - u_v) i_u + (u_w - u_v) i_w \\ &= u_{uv} i_u + u_{vw} i_w \end{aligned}$$

三相有功功率：

$$P = U_{uv} I_u \cos(\widehat{U_{uv} I_u}) + U_{vw} I_w \cos(\widehat{U_{vw} I_w})$$

当三相电路简单不对称（电源电压对称，负载不对称）时，三相有功功率为

$$P = U_{uv} I_u \cos(30^\circ + \varphi_u) + U_{vw} I_w \cos(30^\circ - \varphi_w)$$

当三相电路对称时：

$$U_{uv} = U_{vw} = U$$

$$I_u = I_w = I$$

$$\varphi_u = \varphi_w = \varphi$$

三相有功功率为

$$P = UI \cos(30^\circ + \varphi) + UI \cos(30^\circ - \varphi) = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

2. 三相三线有功电能表（DS 型）的原理接线

三相三线有功电能表（DS 型）的原理接线图，如图 2-3（a）所示。三相三线有功电能表（DS 型）的相量图，如图 2-3（b）所示。

三相三线有功电能表第一组元件接入的电压为 \dot{U}_{uv} 、电流为 \dot{i}_u ，第二组元件接入的电压为 \dot{U}_{vw} 、电流为 \dot{i}_w 。