

计量用互感器错误接线分析

魏东,冯凌

[国网重庆市电力公司营销服务中心(计量中心),重庆 400000]

摘要:计量用互感器为电力供应商和用户进行电量核算的器具之一,并且是用户加强自身管控、实现精细化管控至关重要的方法,所以,其精准性日益受到人们的关注。本文主要对计量用电流互感器、电压互感器的错误接线进行了分析,为错误电量补退提供了理论依据。

关键词:电流互感器;电压互感器;误接线

中图分类号:TM451

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)03-0055-03

0 引言

互感器测量是能源供应商和能源用户用于计算电能的仪器之一,也是加强用户自身控制、实现精细控制的重要方法。因此,其准确性受到越来越多的关注^[1]。为确保测量设备的准确性和稳定性,应满足以下条件。

- (1)应满足互感器比率和角度的差异。
- (2)互感器的极性、组和变比准确。
- (3)互感器的出厂数据应符合业主要求。
- (4)选择互感器连接方法。
- (5)二次电路上的负载不得超过电流互感器或电压互感器的额定值。
- (6)电压互感器输出线路的压降应满足需要。

室内测试和检测后,测量互感器的比率和角度差异非常小,通常小于1%,但错误连接线引起的测量误差可能达到10%或更高。因此,准确的连接线是确保准确测量的先决条件^[2]。

在测量能源供应商和能源用户的电力行为时,经常会发生互感器接线错误的情况。例如,单相或两相电流反向连接、电流连接相的二次故障、电压互感器二次相输出故障、电流和电压相位、相序不匹配等。因此,应采取必要措施,防止安装测量仪器时接线错误^[3]。

1 计量装置分类及技术要求

用来测量电力的装置叫作电表,测量仪器包括电表、测量互感器和二次电路^[4]。根据《电表技术控制规定》,电表根据其测量的电量和测量对象的重要性分为5类。配备用于测量电能的所有类型测量设备有电能表和互感器不得低于表1中的规定值。

在表1中,一级和二级电表使用0.2S和0.5S电流互感器,考虑到空间状态,也可以使用0.2级和0.5级

表1 电能计量装置中电能表互感器的准确度最低值

电能计量装置类别	准确度等级			
	有功表	无功表	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

电流互感器。

从表1可以看出,0.5级电流互感器仅用于具有相对恒定负载的发电机输出的电表中,其余类别的电流互感器测量。等级测量电流互感器与普通电流互感器的最大区别在于,等级测量电流互感器的故障特性优于普通低负载电流互感器。两种类型互感器的允许误差对照如表2所示。

表2 电流互感器与普通电流互感器允许误差对照

准确等级	比差/%					角差/($^{\circ}$)				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2	—	0.75	0.35	0.2	0.2	—	30	15	10	10
0.2S	0.75	0.35	0.20	0.2	0.2	30	15	10	10	10
0.5	—	1.50	0.75	0.5	0.5	—	90	45	30	30
0.5S	1.50	0.75	0.50	0.5	0.5	90	45	30	30	30

电流互感器额定输入电流的确定应确保恒定运行中变压器的实际负载电流从至少30%的极限值达到约60%,并且电流互感器的实际二次负载应保持在额定二次负载的25.1%。电流变换器(额定二次负载的功率因数为0.8~1.0,电压互感器的额定二次功率与实际二次功率相同。

对于用于商业结算的I类和II类电表,电压互感器输出电路的压降应小于额定二次电压的0.2%。对于其他电器,变压器输出电路的压降应小于其额定二次

电压的 0.5%。

2 互感器错误接线分析

2.1 电压互感器输入侧断线

如果电压互感器的输入侧断开,则输出侧的线路电压数据与变压器连接方法和断开线路的相序有关。电力测量设备中使用的电压互感器通常有两种接线方法,一种是将两个简单电压互感器连接到开口三角形线上,另一种是连接三相五针变压器(或星形线中的三个简单电压变压器)。以下是研究在这两种接线功能下变压器(PT)输入侧断开的情况。

(1)将电压互感器连接到开口三角形时,输入侧的相位和相位断开。

正常情况下,线路电压为三相 100V。当输入侧的相位断开时,输出侧之间没有电压,也不会有感应动力。输入侧的电压正常。目前,输出侧的绕组仅起导体的作用,当 W 相在输入侧断开时, $U_{uv}=100V$, $U_{wu}=100V$ 、 $U_{vw}=0V$

(2)当用星形连接电压互感器时,输入侧的相位断开,可以被视为在相位之间添加单相高压电源。如果两个单独互感器的励磁电阻相同,则为绕组和串联,输出侧的电压为 100V,即两个单独的互感器励磁电阻相同。

(3)电压互感器星形-三角形连接。

一回路断开,即一回路和二回路缺少一回路电压,二回路绕组没有感应电势。仍然是正常电压 100V,与相位相关的两个线路电压降为 $100/\sqrt{3}=57.7V$ 。

断 V 相时, $U_{uv}=57.7V$, $U_{vw}=57.7V$, $U_{uw}=100V$ 。

断 W 相时, $U_{uv}=100V$, $U_{vw}=57.7V$, $U_{uw}=57.7V$ 。

2.2 电压互感器输出侧的断开

当电压互感器输出侧断开时,输出侧线路中的电压值不取决于电压互感器的连接模式,而是取决于变压器的输出侧是否连接到负载以及连接处的负载大小。以下是零负载时,在侧负载下断开相位和相位 B 时,二次电压和电压互感器的输出。

2.2.1 故障阶段

当由于相位断开而没有负载时,它们之间没有电路,因此有一个正常的电压电路,故 $U_{uv}=100V$ 不构成回路,所以 $U_{uw}=0V$ 。

就负载而言,假设要连接的负载是三相有源电压表(在电压线圈和 W-V 之间)和 60 相三线非功能测功机(如果电压线圈连接到 V-W),此外,每个电压绕组的电阻相同,被测电压表具有高内阻。电压的电阻负载与

电阻值成正比,并且每个电压线圈的电阻相同,因此电阻负载电压。

2.2.2 断 v 相

空载时, $U_{uv}=0V$, $U_{vw}=0V$, $U_{wu}=100V$ 。带负载时, U_{uv} 和 U_{vw} 按阻抗的比例分配 100V 电压,u-v 间为一个电压线圈阻抗 Z,u-w 间为两个电压线圈并联,阻抗为 Z/2,故 $U_{uv}=2U_{vw}$ 。

$$U_{uv}=100V, U_{vw}=2/3 \times 100V=66.7V; \quad (1)$$

$$U_{uw}=1/3 \times 100V=33.3V。 \quad (2)$$

2.2.3 断 w 相

空载时, $U_{uv}=100V$, $U_{vw}=0V$, $U_{wu}=0V$ 。带负载时, U_{uv} 和 U_{vw} 按阻抗的比例分配 100V 电压,v-w 间为一个电压线圈阻抗 Z,v-w 间为两个电压线圈并联,阻抗为 Z/2,故 $U_{uv}=2U_{vw}$ 。

$$U_{uv}=100V, U_{vw}=2/3 \times 100V=66.7V; \quad (3)$$

$$U_{uw}=1/3 \times 100V=33.3V。 \quad (4)$$

2.3 电压互感器绕组极性接反

2.3.1 电压互感器 V,v 接线

当一台电压互感器极性接反(uw 相)时,因为互感器二侧 v-w 相极性接反,所以 U_{uv} 和 U_{vw} 方向相反。 $U_{uw}=- (U_{uv}+U_{vw})$, $U_{uw}=\sqrt{3} U_{uv}=\sqrt{3} U_{vw}=173.2V$ 。

vW 相电压互感器极性接反,其结果是 $U_{uv}=U_{vw}=100V$, $U_{uw}=173.2V$ 。

UV 相极性接反时,结果与 VW 相接反时相似。

2.3.2 电压互感器 Y,y 接线

当 U 相极性接反时,其原理接线图和相量图如图 1 所示。

根据相量图,可知因为 U_u 和 U_v 相位相反,则 $U_{uv}=100V$, $U_{uv}=100/\sqrt{3} V$, $U_{uw}=100/\sqrt{3} V$ 。

当 V 相极性接反时, $U_{uv}=100V$, $U_{vw}=100/\sqrt{3} V$, $U_{uw}=100/\sqrt{3} V$ 。

当 W 相性接反时, $U_{uv}=100V$, $U_{vw}=100/\sqrt{3} V$, $U_{uw}=100/\sqrt{3} V$ 。

2.4 电流互感器绕组极性接反

2.4.1 A(或 C 相)相电流互感器极性反接

公用线电流为其他相电流的 1.732 倍。

元件 1 电流滞后电压的角度 $\phi'_1=30^\circ+180^\circ$

元件 2 电流滞后电压的角度 $\phi'_2=30^\circ-\phi_c$ 。

2.4.2 电流互感器极性反接且公用线断开

如果电流互感器一相的极性反转,公用线的电流

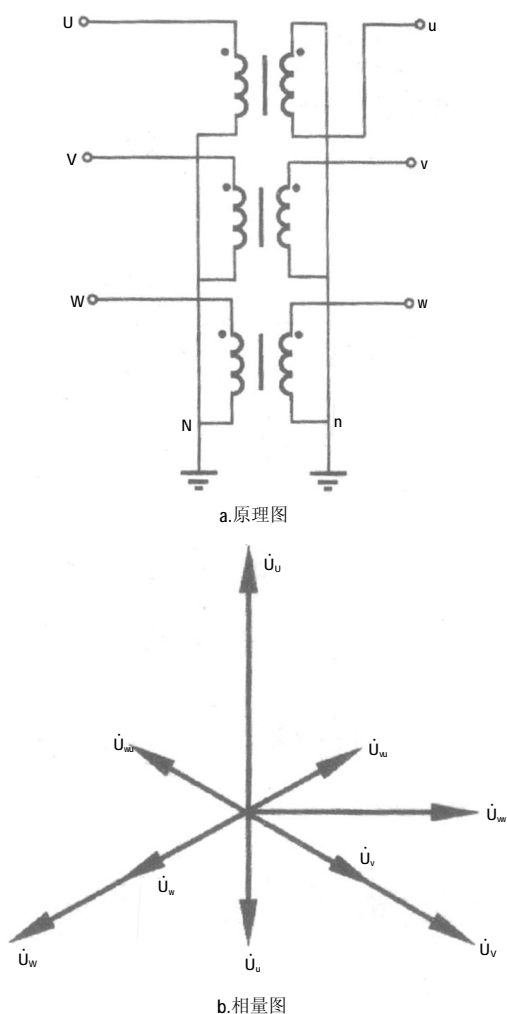


图 1 U 相极性接反原理接线图和相量图

将增加 3 倍。如果不及时修复,公用线路会因过载而烧毁,测量装置测得的电量低于实际电量。

电路分析:假设电流互感器相位的极性反转并且公共线断开,则当电流互感器饱和时,电流是恒定的。由于电流源为开路,内阻为两者之和。

C 相电流互感器的极性反转,导致公用线路断开,并将电表从断开前的倒计时改为正测量,计算出的电量为电量的正值。电流互感器相位的极性反转,导致公用线路断开,并在此期间将电表从正测量更改为倒计时,测量的电量为电量的负值,其绝对值被视为电读数的幅值。

2.4.3 四线三相测量模式下单相电流互感器连接的反极性

假设电流互感器相位的极性相反,电流相位 I'_a 为 $-I_a$,其他两相电流保持不变。共线电流的值是其他相电流的两倍。如果任何相电流互感器的极性反转,公用线电流将增加到相电流的两倍。

2.4.4 三相四线计量方式下一相电流互感器极性反接且公用线断开

根据节点电位法可得式(5)和式(6)。

$$U_{FN} = \frac{-\frac{E_a}{Z_a} + \frac{E_b}{Z_b} + \frac{E_c}{Z_c}}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b} + \frac{1}{Z_c}} = \frac{-E_a + E_b + E_c}{3}; \quad (5)$$

$$Z_0 = \frac{(-I_a + I_b + I_c)}{3}. \quad (6)$$

若三相电路对称时,得式(7)和式(8)。

$$U_{FN} = \frac{Z_0(-2I_a)}{3}; \quad (7)$$

$$I'_a = -\frac{I_a}{3}, I'_b = I_b + \frac{2I_a}{3}, I'_c = I_c + \frac{2I_a}{3}. \quad (8)$$

根据余弦定理:

$$I'_b \approx 0.88I; \quad \phi'_2 \approx 40.76^\circ, \phi'_b = \phi'_2 - \phi'_b. \quad (9)$$

同理可求出:

$$I'_c \approx 0.88I, \phi'_3 \approx 40.76^\circ, \phi'_c = \phi'_2 + \phi'_c. \quad (10)$$

A 相电流为原来的 1/3, B、C 两相电流为原来的 0.88 倍。

3 结语

简而言之,必须确保测量互感器的接线精度。如果接线不正确,即使互感器的精度更高,也无法达到准确测量的目的。甚至可能危及设备和人员的安全。因此,必须按照设计和规程^[9]的要求正确进行互感器接线。

参考文献

- [1] 孟凡利,祝素云,李红艳,等.运行中电能计量装置错误接线检测与分析[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [2] 王孔良.用电管理:[M].2版.北京:中国电力出版社,2002.
- [3] 陶忠剑.电压互感器 v-v 接线分析[C]//云南省电机工程学会.2009年云南电力技术论坛论文集.昆明:云南科技出版社,2009:1-9.
- [4] 刘春阳,张韬,郑州市电业局.电能计量与电测仪表[M].北京:中国电力出版社,2005.
- [5] 赵喜云.现场电流互感器错误接线对计量影响的分析[J].河北电力技术,2003,22(增刊1):27-29.

作者简介:魏东(1968—),男,汉族,四川隆昌人,本科,高级技师,研究方向为高压计量和自动化测试技术。

冯凌(1981—),男,汉族,重庆人,本科,正高级工程师,主要从事电测计量和自动化相关技术的研究和推广方面工作。