

二次多抽头式电流互感器二次接线对电能计量影响研究

理论上详细分析和论证了二次带多抽头式电流互感器短接非工作抽头对电能计量准确性和安全性的影响,并通过现场实际和试验验证了这一结论;同时指出了在电能计量工作中正确安装接线的具体方法,提出了二次接线错误时电量的退补办法。

李国胜 向保林 孔祥海/武汉电力学院 汪司珂/湖北省电力科学研究院



李国胜/高级讲师

目前,许多电力用户呈宽负载变化趋势,为保证计量准确、节约投资,同时保证工作的连续性,需要一种能够提供多种电流比的互感器。二次多抽头互感器,是一种运用广泛的多电流比互感器。因为其二次绕组为多抽头式设计,所以在安装接线过程中不仅要清楚不同工作抽头形成的电流比值,而且还要重视二次绕组非工作抽头的妥善处理。否则影响计量的准确性,且很可能引起计量电量的巨大改变,甚至威胁工作人员的安全。

问题严重性在于:由于人们对运行中的电流互感器二次侧不能开路的观念根深蒂固,而且工作中具有一些切实可行的确保电流互感器不开路的措施,长期形成了很好的安全工作习惯。然而据调查发现,很多人对电流互感器存在定向思维,现场工作人员常常凭借习惯和主观臆断,误以为二次多抽头电流互感器的所有二次抽头必须短接;大部分生产厂家的说明书对这些内容也是含糊其词,有的说明书只字未提,安装人员只能凭借经验和模仿师傅的做法,导致大

量的电量差错;相关计量规程中也未见提及,只作出一般性规定;相关书籍众说纷纭,从而造成人们观念上的极大混乱,工作上无所适从。

问题严重性更在于:第一,目前专家学者普遍认为,短接非工作抽头均会引起电能计量的少计^[1];但从以下理论分析和试验结论均可以看出,短接非工作抽头既可能引起少计又可能引起多计。第二,目前很多专家学者认为,电流互感器部分开路没有安全问题^[2]。由以下分析可知,电流互感器二次部分开路会产生一定数值电压,在部分开路瞬间,可能激发危险电压;电流互感器二次完全开路瞬间会引发数千伏高压,严重威胁着计量人员和设备安全。电流互感器完全开路后处于稳定状态时,开路电压较低,这一点引起很多人误解,以为目前电流互感器质量好,开路电压不高,甚至可以完全开路。

理论研究

1. 二次多抽头式电流互感器的原理和结构

二次多抽头式电流互感器的工作原理与普通电流互感器相似,其一次绕组和二次绕组共绕在同一个铁心上,但其二次绕组是多抽头式的。二次多抽头式电流互感器的工作原理示意图如图1所示。

2. 短接非工作抽头对电能计量准确性影响的分析

下面以二次绕组带有一个中间抽头的电流互感器为例,分析发生非工作抽

关键词/Keywords

多抽头·
电流互感器·
二次接线·
电能计量·

武汉电力学院科研基金资助项目(KY2013421)。

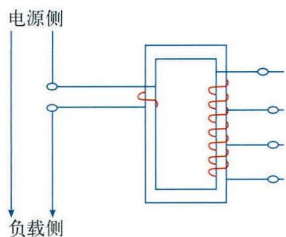


图1 二次多抽头式电流互感器的工作原理示意图

头误接线时对计量回路电流的影响。

如图2所示, 电流互感器的二次绕组带有一个中间抽头 S_2 。图中, N_1 为一次绕组总有效匝数; N_2 为二次抽头 S_1 、 S_2 之间匝数; N_x 为二次抽头 S_2 、 S_3 之间匝数。与二次抽头端子 S_1 、 S_2 对应的电流比为 $K_1 = N_2/N_1$; 与二次抽头端子 S_1 、 S_3 对应的电流比为 $K_2 = (N_2 + N_x)/N_1$ 。

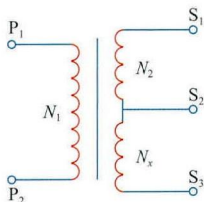


图2 二次绕组带一个中间抽头TA的原理结构

(1) 当TA选用电流比 K_1 时

当选择二次抽头 S_1 、 S_2 作为工作抽头时, S_3 即为非工作抽头, 其等效电路如图3所示。图中, 二次抽头间的连接导线与电能表电流回路的合阻抗为 Z_2 ; 二次抽头 S_2 、 S_3 间短接导线的阻抗为 Z_x ; 因 S_2 为中间抽头, 故两边二次绕组的内阻抗均为 Z_0 ; 二次绕组 N_2 和 N_x 激发出的电动势分别为 E_2 和 E_x 。

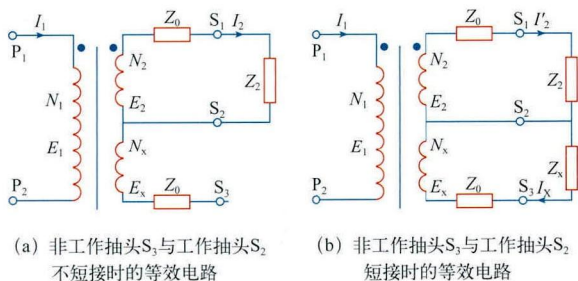


图3 电流比为 K_1 时多抽头TA等效电路

为了突出主要问题, 在以下分析中均作如下假设: ①一、二次侧完全耦合; ②忽略铁心损耗和铁心磁阻; ③电源输入三相对称交流正弦电压。

假设非工作抽头 S_3 与工作抽头 S_2 不短接时电能表电流回路电流为 I_2 , 非工作抽头 S_3 与工作抽头 S_2 短接时电能表电流回路电流为 I'_2 , 短接导线中电流为 I_x 。

当一次绕组接上正弦交流电压时, 由电磁感应规律可知, 二次绕组 N_2 、 N_x 中激发出电动势分别为

$$E_2 = -j4.44fN_2\Phi_m \quad (1)$$

$$E_x = -j4.44fN_x\Phi_m \quad (2)$$

式中, Φ_m 为铁心中主磁通的最大值; N 为线圈的匝数; f 为交流电压的频率。

根据全电路欧姆定律, 二次感应电流分别为

$$I'_2 = \frac{E_2}{Z_0 + Z_2} \quad (3)$$

$$I_x = \frac{E_x}{Z_0 + Z_x} \quad (4)$$

联立式(3)、式(4), 可以得到

$$\frac{I_x}{I'_2} = \frac{N_x(Z_0 + Z_2)}{N_2(Z_0 + Z_x)} \quad (5)$$

在电源电压和频率不变时, 互感器铁心中的主磁通的最大值基本恒定, 因此一、二次绕组的合成磁动势基本恒定。

二次绕组非工作抽头 S_3 与工作抽头 S_2 不短接时, 电流互感器的磁动势平衡方程为

$$I_1N_1 + I_2N_2 = I_0N_1 = 0 \quad (6)$$

则

$$-I_1N_1 = I_2N_2 \quad (7)$$

二次绕组非工作抽头 S_3 与工作抽头 S_2 短接时, 电流互感器的磁动势平衡方程为

$$I_1N_1 + I'_2N_2 + I_xN_x = I_0N_1 = 0 \quad (8)$$

则

$$-I_1N_1 = I'_2N_2 + I_xN_x \quad (9)$$

由式(7)、式(9)得

$$I_2N_2 = I'_2N_2 + I_xN_x \quad (10)$$

将式(5)代入式(10)可得

$$I'_2 = \frac{1}{1 + \frac{N_x^2(Z_0 + Z_2)}{N_2^2(Z_0 + Z_x)}} I_2 \quad (11)$$

式(11)说明, 两种情况下电能表电流回路中电流 I'_2 与 I_2 的大小并不相等, 而且相位也不相

同,对电能计量二次回路电流的影响程度,不仅与 N_x 、 N_2 、 Z_0 、 Z_2 和 Z_x 的数值相关,而且与复阻抗 Z_0 、 Z_2 和 Z_x 的幅角有关。

(2) 当TA选用电流比 K_2 时

当选择二次抽头 S_1 、 S_3 作为工作抽头时, S_2 即为非工作抽头,其等效电路如图4所示。

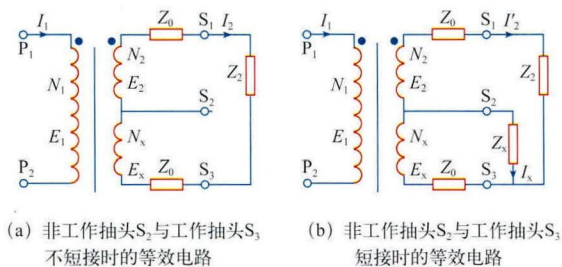


图4 电流比为 K_2 时多抽头TA等效电路

二次抽头 S_2 与 S_3 间二次短接导线的复阻抗为 Z_x 。当一次绕组接上正弦交流电压时,由电磁感应规律可知,二次绕组 N_2 、 N_x 中激发出电动势分别为

$$E_2 = -j4.44fN_2\Phi_m \quad (12)$$

$$E_x = -j4.44fN_x\Phi_m \quad (13)$$

根据基尔霍夫定律,假设图中回路的参考方向与电流方向一致,两个回路的电压方程式分别为

$$E_2 = I'_2(Z_0 + Z_2) - I_x Z_x = -j4.44fN_2\Phi_m \quad (14)$$

$$E_x = (I'_2 + I_x)Z_0 + I_x Z_x = -j4.44fN_x\Phi_m \quad (15)$$

联立式(14)、式(15)式可得

$$\frac{I'_2(Z_0 + Z_2) - I_x Z_x}{(I'_2 + I_x)Z_0 + I_x Z_x} = \frac{N_2}{N_x} \quad (16)$$

化简式(16)可得

$$I_x N_x [N_2(Z_0 + Z_x) + N_x Z_x] = I'_2 [N_x^2(Z_0 + Z_2) - N_2 N_x Z_0] \quad (17)$$

非工作抽头 S_2 与工作抽头 S_3 不短接时,电流互感器的磁动势平衡方程为

$$I_1 N_1 + I_2(N_2 + N_x) = I_0 N_1 = 0 \quad (18)$$

则

$$-I_1 N_1 = I_2(N_2 + N_x) \quad (19)$$

非工作抽头 S_2 与工作抽头 S_3 短接时,电流互感器的磁动势平衡方程为

$$I_1 N_1 + I'_2(N_2 + N_x) + I_x N_x = I_0 N_1 = 0 \quad (20)$$

则

$$-I_1 N_1 = I'_2(N_2 + N_x) + I_x N_x \quad (21)$$

由式(19)、式(21)可得

$$I'_2(N_2 + N_x) + I_x N_x = I_2(N_2 + N_x) \quad (22)$$

则

$$I_x N_x = (I_2 - I'_2)(N_2 + N_x) \quad (23)$$

化简得

$$I'_2 = \frac{1}{1 + \frac{(N_x^2 - N_2 N_x)Z_0 + N_x^2 Z_2}{(N_2^2 + N_2 N_x)Z_0 + (N_2 + N_x)^2 Z_x}} I_2 \quad (24)$$

由式(24)可以看出,在现场不同工作条件下,既可能出现 $I'_2 < I_2$ 又可能出现 $I'_2 > I_2$ 的情况,即非工作抽头 S_2 与工作抽头 S_3 短接时流过电能表的电流既可出现大于又可出现小于非工作抽头 S_2 与工作抽头 S_3 不短接时流过电能表的电流。而且 I'_2 与 I_2 相位也不相同,即电流的相位发生了偏移。

由以上分析可知,对于多抽头电流互感器而言,在两种不同接线情况下,对计量造成的影响程度与工作的抽头、非工作抽头短接的方式、中间抽头所分匝数、短接导线的复阻抗 Z_x 、二次抽头 S_1 和 S_2 间的连接导线与电能表电流回路的合阻抗 Z_2 以及二次绕组的内复阻抗 Z_0 等因素密切相关,还与连接处的接头复阻抗有关。

另外,计量元件功率不仅与电流 I 和电压 U 的幅值有关,而且与其相位差 ϕ 有关。短接非工作抽头后,流过计量回路电流的幅值和幅角等均发生了变化,所以电能表计量的电能量也受到诸多因素的影响。

3. 非工作抽头不短接对电能计量工作安全的影响分析

(1) 从定性的角度分析

电流互感器与普通变压器不一样,因为其一次绕组与负载串联,而且一次电流的大小由负载所决定。在计量电流互感器二次回路正常运行时,接在电流互感器二次绕组上电流回路的阻抗很小,其二次回路接近短路状态,且二次电流有强烈的去磁作用,即二次绕组中产生磁动势近似与一次绕组中产生的磁动势大小相等、方向相反,因而在铁心中产生的合成磁通量、合成磁动势和相应的励磁电流均很小,此时二次绕组中感应电动势不超过十几伏。为了减少电流互感器的

尺寸和造价,电流互感器铁心的截面积是根据电流互感器在正常工作状态下合成磁通量很小而设计的。

如果正在运行的电流互感器二次回路发生开路,二次电流等于零,那么对一次绕组的磁动势起去磁作用的二次绕组磁动势等于零,但是一次绕组的电流没有发生变化,一次绕组的磁动势仍保持不变,那么一次被测电流将全部变成励磁电流,这时的合成磁动势较正常时增大许多倍,使铁心中的磁通量剧增,铁心过分磁饱和,铁损快速增大,引起电流互感器发生严重过热。

同时根据电磁学原理,磁通量变化越快,绕组有效匝数越多,感应电动势就越高。由于二次绕组匝数很多,在开路瞬间磁通量的变化速度很快,所以二次绕组中将产生很高的感应电动势,将在二次回路开路处激发出危险的高电压,这对操作人员的安全、计量设备的正常运行以及二次线缆的绝缘都会造成极大的威胁,甚至导致高压侧对地短路事故。

电流互感器二次侧产生高电压的根本原因是:对一次绕组的磁动势起去磁作用的二次电流完全消失,从而导致铁心中的主磁通量急剧增加。然而,在二次抽头式电流互感器中,二次电流没有完全消失,不会导致铁心中的主磁通量剧增,所以不会在开路的两个接线端子之间产生特别危险的高电压,部分开路电压(峰值)一般不超过几十伏。

国际电工委员会(IEC)认为,电对人体伤害主要来自电流。一般50 mA交流电通过人体就有生命危险,而人体交流阻抗最小只有400 Ω 。根据欧姆定律可知,二十几伏的电压就可能对人身的安全构成威胁,因此部分开路也会影响工作人员的安全。安全(交流)电压额定值的5个等级为42 V、36 V、24 V、12 V和6 V。

必须指出,在正常运行时,虽然在部分开路的两个接线端子之间电压不是很高,但是由于操作不当、安装接线工艺不良、天长日久端钮锈蚀以及人为故意(如窃电)等种种原因,造成电流回路这个电流二次的唯一通路完全开路的概率依然很高,当然会产生非常危险的高电压。

(2) 从定量的角度分析

三个抽头均开路时,根据法拉第电磁感应定律可得, $e = N \frac{d\Phi}{dt}$ 。二次绕组匝数 N 很多,而且在开路瞬间磁通的变化率 $\frac{d\Phi}{dt}$ 很高,这时二次绕组中将感应出很高的电动势 e_2 。一方面导致磁通量 Φ 的波形畸变为平顶波;另一方面引起感应电动势 e_2 产生尖顶波。电流互感器二次开路时磁通量和电动势波形如图5所示。

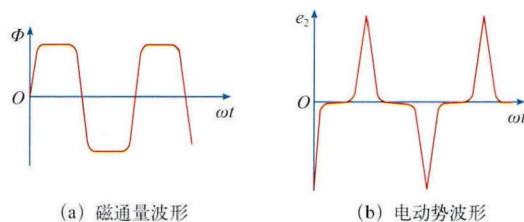


图5 电流互感器二次开路时磁通量和电动势波形

S_1 、 S_2 之间感应电压 $U_{12} = E_2$;二次绕组开路时感应电动势峰值可达数千伏,将在二次回路开路处感应出危险的高电压。同理, S_2 、 S_3 之间产生的感应电压 $U_{23} = E_x$,其峰值可达数千伏; S_1 、 S_3 之间产生的感应电压 $U_{13} = U_{12} + U_{23}$,其峰值也可达数千伏。因此,电流互感器在运行中突然开路时,会在开路两端产生很高的瞬时电压。

非工作抽头 S_3 与工作抽头 S_2 不短接时, $E_x = 4.44fN_x\Phi_m$,则 S_2 、 S_3 之间感应电压 $U_{23} = E_x = 4.44fN_x\Phi_m = 4.44fN_xB_mS$ 。

非工作抽头不短接时,由于二次电流依然存在,不会在开路的两个接线端子之间产生出特别危险的高电压。开路之后即稳态时,交流磁通的变化率 $\frac{d\Phi}{dt}$ 基本不变, U_{23} 之间的电压一般不超过十几伏;开路瞬间即暂态时, U_{23} 之间的电压一般不超过100 V。

根据欧姆定律和基尔霍夫定律, $U_{12} = I_2Z_2 \approx 0$, $U_{13} = U_{12} + U_{23} \approx U_{23} = -j4.44fN_xB_mS$ 。

因此, U_{12} 之间的电压很小,而 U_{13} 之间的电压一般也不超过100 V。

非工作抽头 S_3 与工作抽头 S_2 短接时,根据欧姆定律和基尔霍夫定律, $U_{12} = I_2'Z_2$, $U_{23} = I_xZ_x$, $U_{13} = U_{12} + U_{23} \approx I_2'Z_2 + I_xZ_x \approx 0$ 。同理,可估算出 U_{12} 、 U_{13} 和 U_{23} 之间的电压均很小。

由以上分析可知,多抽头式电流互感器在开

路的抽头间会激发感应电压；在完全开路瞬间会产生极其危险的高电压。

4. 理论研究结果

1) 对于工作中的二次多抽头式电流互感器，短接非工作抽头会引起电能计量数值的变化，也可能造成电量的多计或少计。

2) 对于运行中的二次多抽头式电流互感器，非工作抽头不短接时，会在开路的抽头间激发一定大小的感应电压，影响着电能计量工作的安全。在部分抽头开路的瞬间，二次可能出现一定危险的峰值电压；在完全开路的瞬间，会产生极其危险的峰值电压，危及计量人员安全，同时对计量设备造成损害。二次完全开路后，虽对计量设备伤害是隐性的，但后果严重：增加铁心损耗，互感器因过热而损坏其绝缘结构，并烧坏互感器；铁心中产生严重剩磁，影响计量准确；同时，瞬时高电压会造成电能表过载运行，引起电能表不准确计量，威胁计量仪表的安全。

试验研究

1. 试验目的

对于二次多抽头式电流互感器，验证短接非工作抽头对电能计量准确性的影响。

2. 试验器材

1) 测试设备：①HEJH-H互感器校验台。②0.05SHLS2-1型带升流器标准电流互感器。③0.2S级HL7572二次多抽头电流互感器；0.05S级HL5572二次多抽头电流互感器。

2) 测试仪表：①1.0级钳型电流表。②1.0级双钳数字相位伏安表。③1.0级三相三线智能电能表（杭州海兴三相三线DSZ203、烟台威思顿三相三线DSZ178等）。

3) 测试工具：①12寸扳手。②10寸十字螺钉旋具。

4) 测试导线：①2.5 mm²二次软绞线。②150 A一次测试导线。

试验数据记录

在S₁、S₂工作时，电流比为75/5；S₁、S₃工作

时，电流比为150/5。S₂、S₃短接与不短接时，不同负载电流条件下电流比和计量回路电流的变化情况如表1~表3所示。

表1 一次电流的大小I₁=60%额定电流时的试验数据

实验条件：两种工作条件下，非工作抽头短接或不短接状态		实际电流比的大小	被试互感器工作回路电流超前于标准互感器二次回路电流的夹角 ϕ (°)	计量回路电流的大小/A
S ₁ 、S ₂ 工作时	S ₂ 、S ₃ 短接时一次电流 $I_1=45\text{ A}$	24.32	3	1.85
	S ₂ 、S ₃ 不短接时一次电流 $I_1=45\text{ A}$	15	0	3
S ₁ 、S ₃ 工作时	S ₂ 、S ₃ 短接时一次电流 $I_1=90\text{ A}$	24.72	3	3.64
	S ₂ 、S ₃ 不短接时一次电流 $I_1=90\text{ A}$	30	0	3

表2 一次电流的大小I₁=80%额定电流时的试验数据

实验条件：两种工作条件下，非工作抽头短接或不短接状态		实际电流比的大小	被试互感器工作回路电流超前于标准互感器二次回路电流的夹角 ϕ （°）	计量回路电流的大小/A
S ₁ 、S ₂ 工作时	S ₂ 、S ₃ 短接时一次电流I ₁ =60 A	23.9	3	2.51
	S ₂ 、S ₃ 不短接时一次电流I ₁ =60 A	15	0	4
S ₁ 、S ₃ 工作时	S ₂ 、S ₃ 短接时一次电流I ₁ =120 A	25.15	3	4.77
	S ₂ 、S ₃ 不短接时一次电流I ₁ =120 A	30	0	4

表3 一次电流的大小I₁=100%额定电流时的试验数据

实验条件：两种工作条件下，非工作抽头短接或不短接状态					实际电流比的大小	被试互感器工作回路电流超前于标准互感器二次回路电流的夹角 ϕ (°)	计量回路电流的大小/A
S ₁ 、S ₂ 工作时	S ₂ 、S ₃ 短接 时一次电流I ₁ = 75 A	24.35	3.4	3.08			
	S ₂ 、S ₃ 不短 接时一次电 流I ₁ = 75 A	15	0	5			
S ₁ 、S ₃ 工作时	S ₂ 、S ₃ 短接 时一次电流I ₁ = 150 A	26.64	2.3	5.63			
	S ₂ 、S ₃ 不短 接时一次电 流I ₁ = 150 A	30	0	5			

在S₁、S₃工作时，S₂、S₃短接与不短接时不同

负载电流条件下计量回路电流的变化情况如表4和表5所示。

表4 测试用互感器HL7572A、准确度级别0.2S

测试互感器的 电流比	一次 电流	杭州海兴三相三线 智能表			烟台威斯顿三相三线 智能表		
		I_2/A	I'_2/A	$\phi(^{\circ})$	I_2/A	I'_2/A	$\phi(^{\circ})$
150/5	60%	2.98	3.51	3	2.95	3.49	3
	80%	3.94	4.64	3	3.95	4.70	3
	100%	4.98	5.84	3	4.98	5.98	3
20/5	60%	3.00	3.64	2	2.97	3.43	2
	80%	4.00	4.95	2	3.98	5.02	2
	100%	5.00	6.00	2	5.00	5.99	2

表5 测试用互感器HL5572A、准确度级别0.05S

测试互感器的 电流比	一次 电流	杭州海兴三相三线 智能表			烟台威斯顿三相三线 智能表		
		I_2/A	I'_2/A	$\phi(^{\circ})$	I_2/A	I'_2/A	$\phi(^{\circ})$
50/5	60%	3.00	2.85	358	3.00	2.85	358
	80%	4.00	3.79	358	4.00	3.67	358
	100%	5.00	4.71	358	5.00	4.78	358
20/5	60%	2.90	2.84	0	2.97	2.85	0
	80%	4.05	3.97	0	4.01	3.87	0
	100%	4.93	4.78	0	4.99	4.78	0

4. 试验结果

对于二次多抽头式电流互感器，短接非工作抽头会引起电能计量回路电流数值的变化，同时可能引起电量的多计或少计；从而也引起了电能计量回路中电流相位角的改变。

二次多抽头式电流互感器的安装接线要求

为了保证电能计量的正确性和准确性，非工作抽头一律不得短接；为了保证电能计量的安全性和可靠性，在电流互感器安装接线完毕后，应将非工作抽头分别用绝缘材料包好；同时，防止以下两种常见错误做法：一种是将多个裸露的金属抽头插入试验接线盒的接线端钮（如同时接入2U、3U和4U端钮），这方便了不法之徒人为将电流连片短接，或工作人员容易误将电流连片短接，从而造成非工作抽头短接的错误；另一种是将几个电流互感器的非工作抽头短接在一起，这也可能会通过接地导致非工作抽头与工作抽头短接，如图6所示。

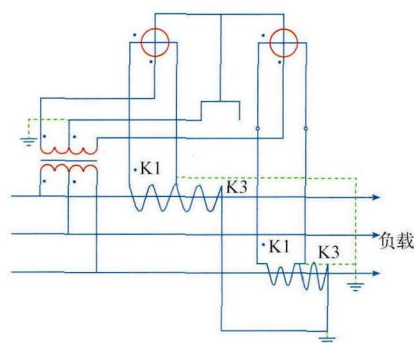


图6 短接非工作抽头K3的错误接线示意图

将电流互感器在不同电流比时公共工作的抽头（如 S_1 ）进行良好的机械和电气接地。另外还应注意以下事项：

1) 加强全过程管理^[5]。在设计之初、生产之时、校验之中、现场安装以及验收过程中，甚至在产品验收标准和计量规程中，均应作出明确规定，非工作抽头一律不允许短接。

2) 应将电流互感器进行防窃电封闭。如在设计时将所有的二次抽头安置在专用接线盒里，接线完毕加锁施封，用户不能自行开锁开封，否则按窃电处理。

3) 应防止电流互感器的接线端钮由于安装工艺不佳而导致电流回路开路。如在现场中经常会发现由于电流互感器的压接圈过大或过小、接线端钮拧得过紧或过松等工艺不良问题而引起的开路现象。因此，建议推广不开路式电流互感器^[6]。

错误接线时电量的退补办法

1. 实际测量出短接非工作抽头时电流互感器电流比 K' 的大小

在工作现场，实际测出两个抽头 S_2 、 S_3 短接时通过计量回路电流 I'_2 的大小和此时一次电流 I_1 的大小，根据 $K' = \frac{I_1}{I'_2}$ 计算出电流比 K' 。

2. 计算更正系数 λ 的大小

计量倍率错误时，实际运行中的互感器电流比 K' 是影响计量大小的主要因素。设正确电量为1，在三相对称电路中，如果忽略一些诸如误接线

时造成相位偏移等次要因素的影响，互感器计量倍率错误时更正系数 λ 的计算公式为

对于三相三线电能表

$$\lambda = \frac{1}{\pm \frac{1}{2} \frac{K_1}{K'_1} \pm \frac{1}{2} \frac{K_2}{K'_2}} \quad (25)$$

对于三相四线电能表

$$\lambda = \frac{1}{\pm \frac{1}{3} \frac{K_1}{K'_1} \pm \frac{1}{3} \frac{K_2}{K'_2} \pm \frac{1}{3} \frac{K_3}{K'_3}} \quad (26)$$

式中， K 为互感器的正确电流比； K' 为互感器发生倍率错误时的实际电流比。极性正确时取正号，极性接反时取负号。

3. 计算追补电量 ΔA 的大小

正确电量的大小为

$$A = \lambda A' \quad (27)$$

追补电量的大小为

$$\Delta A = A' - A = A'(1 - \lambda) \quad (28)$$

式中， A 为在同一时段内的正确电量； A' 为在同一时段内的抄见电量。

利用式(28)^[7]计算电量的退补方法，既符合误差理论，又与实际工作一致，同时符合人的思维特点和心理习惯，应该大力提倡。

结束语

电能计量的准确性和安全性问题，是电能计量工作的核心问题，它直接关系着售购双方的经济利益和工作安全。在电能计量现场，影响电能计量的因素有很多，因此，不能只凭一种短接状态下电量少计或工作安全，就认为在任何短接状态下均少计或在任何工作状态下均安全。

对于二次多抽头式电流互感器，短接非工作抽头会引起电能计量数值的改变，同时可能多计电量或少计电量；非工作抽头不短接时，又会在开路的抽头间产生感应电压，对电能计量工作的安全带来隐患。但是，在非工作抽头不短接时，按以上要求进行操作，又不发生二次回路完全开路的情况下，可以兼顾电能计量的安全性和准确性；或者采用更加科学的方式^[8]，均可确保电能计量的安全性和准确性。

参考文献

- [1] 周仲祈，许兴祥．多抽头式电流互感器二次错误接线引起的计量差错分析[J]．青海电力，2011，30(4)：40-42．
- [2] 石付祥．抽头式双变比电流互感器的使用误区[J]．农村电气化，2009(1)：56-57．
- [3] 李国胜，祝红伟．电能计量与装表接电[M]．北京：中国电力出版社，2013(7)：207．
- [4] 李宇牧，祝小红．多抽头电流互感器二次误接线对计量的影响[J]．湖北电力，2008，32(12)：41-42，56．
- [5] 李国胜，易辉．现代全面质量管理方略及其在电力企业中的运用[M]．北京：中国电力出版社，2009．
- [6] 李国胜，孔祥海．不开路式电流互感器：中国，201420213989.X[P]．2014．
- [7] 李国胜．电能计量与用电检查实用技术[M]．北京：中国电力出版社，2009(3)：334．
- [8] 李明图．多变比电流互感器带电倒换装置的应用分析[J]．电力设备，2007，8(3)：61-63．

(收稿日期：2014-06-03) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告