

电流互感器 10 % 误差曲线的计算

赵宇亮, 田小文

(山西省电力公司送变电工程公司, 山西 太原 030006)

摘要: 对于运行单位, 测量电流互感器的 10 % 误差曲线较为困难, 现场通常进行伏安特性试验, 并利用它的伏安特性曲线进行 10 % 误差校核。

关键词: 伏安特性曲线; 绘制; 10 % 误差曲线

中图分类号: TM452

文献标识码: A

文章编号: 1671-0320(2006)增刊-0021-02

电流互感器 10 % 误差曲线是保护电流互感器的一个重要的基本特性。保护用电流互感器的工作特点不同于测量电流互感器, 它要求当电力系统发生故障时, 即电流剧增时能正确地反映故障电流的数值, 从而正确启动继电保护装置。故障电流要比系统正常运行时的工作电流大几倍甚至几十倍, 为了保证继电保护装置正确动作, 规定此时电流互感器的电流误差不允许超过 10 %。

1 10 % 误差曲线的作用

电流互感器的 10 % 误差曲线是指电流互感器的误差为 10 % 时, 其一次电流 I_1 除以额定电流 I_{1e} 的倍数 m , 与其二次侧负载阻抗 Z_2 的关系曲线, 即 $m = f(Z_2)$ 。由于电流互感器的误差与一次电流的大小, 即铁心的饱和程度以及二次侧负载阻抗大小有关。当一次侧通过很大的短路电流时, 电流互感器误差增大, 可能影响保护装置的选择性和灵敏度。但当电流互感器的误差在 10 % 以下时, 实际上不会影响保护的正确动作。

故运行中必须按电流互感器一次侧可能通过的最大短路电流值, 按 10 % 误差曲线, 校准二次侧的实际阻抗。例如某电流互感器一次侧可能通过的最大短路电流为额定电流的 6 倍。电流互感器实测的二次负载阻抗为 0.8 Ω , 那么该电流互感器此时能否满足保护的要求呢?

按电流互感器 10 % 误差曲线 (图 1), 当 $m = 6$ 时, 其允许的二次负载为 0.7 Ω (图 1 中 B 点)。

收稿日期: 2006-06-15, 修回日期: 2006-08-21

作者简介: 赵宇亮 (1972-), 男, 山西朔州人, 1996 年毕业于太原工业大学电力系统自动化专业, 工程师;
田小文 (1971-), 男, 山西原平人, 1995 年毕业于上海交通大学电力系统自动化专业, 工程师。

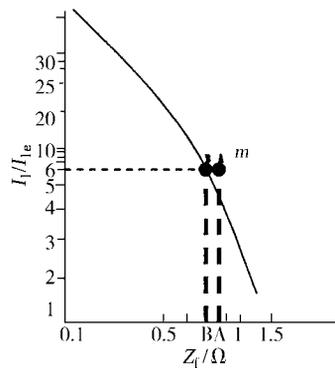


图 1 电流互感器的 10 % 误差曲线

现为 0.8 (图 1 中 A 点), 已超过允许值。此时应设法减小二次负载, 如增大二次导线截面等, 使 $Z_2 = 0.7 \Omega$ 。

2 绘制 10 % 误差曲线的原理

电流互感器的伏安特性曲线是指其励磁电流 I_0 与感应电动势的关系曲线, 即 $E = f(I_0)$ 。

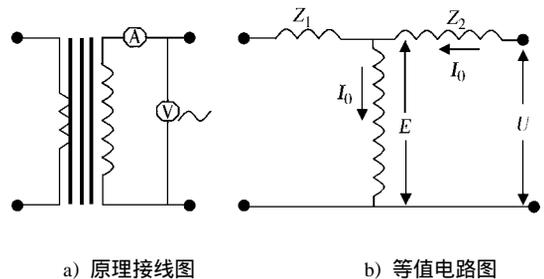


图 2 电流互感器伏安特性试验时的原理接线图和等值电路图

由图 2a, 试验时测到的伏安特性如下。

$$U = f(I_0), \quad (1)$$

式中: U ——测试电压, V;

I_0 ——测试电流, A。

由图 2b, 试验时测到的关系如下。

$$E = U - I_0 Z_2 \quad (2)$$

式中: E ——感应电动势, V;

Z_2 ——CT 二次阻抗, Ω 。

电流互感器接上二次负载时的等值电路如图 3 所示。由图 3 可知, 通过电流互感器二次负载 Z_L 的电流。

$$I_2 = E / Z_2 + Z_L \quad (3)$$

式中: I_2 ——二次电流, A;

Z_L ——二次负载, Ω 。

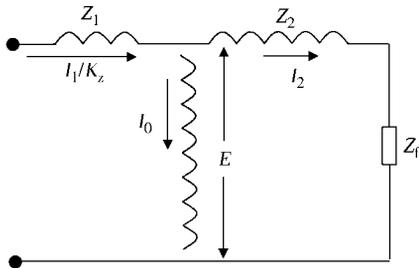


图 3 电流互感器的等值电路 (运行中)

当电流互感器二次电流为 5 A 时关系式如下。

$$I_1 = 5m K_e \quad (4)$$

式中: m ——通过电流互感器一次侧的电流除以额定电流的倍数;

K_e ——电流互感器的额定变比。

若此时误差为 10 % 时, 则:

$$I_2 / (I_1 / K_e) = 0.9 \quad (5)$$

$$\text{即 } I_2 = 0.9 (I_1 / K_e) \quad (6)$$

$$\text{而 } I_1 \text{ 归算到二次的电流为 } I_1 = I_1 / K_z \quad (7)$$

式中: K_z ——电流互感器的匝数比。

当 $K_e = K_z$ 时 (对于线绕式、多匝式电流互感器), 式 (6) 可写为:

$$I_2 = 0.9 (I_1 / K_z), \text{ 而 } I_0 = (I_1 / K_z) - 0.9 \times (I_1 / K_z) = 0.1 (I_1 / K_z) \quad (8)$$

$$\text{由图 3 } Z_L + Z_2 = E / K_z = E / [0.9 \times (I_1 / K_z)] \quad (9)$$

由式 (8) $I_1 = 10 K_z I_0$, 将其代入式 (9) 得:

$$Z_L + Z_2 = E / [0.9 (10 K_z I_0 / K_z)] = Z / 9 I_0 \quad (10)$$

由式 (4) 得:

$$m = I / 5 K_e = 10 K_z I_0 / 5 K_e = 2 I_0 \quad (11)$$

根据式 (10)、式 (11), 即可得出电流互感器

10 % 误差曲线 $m = f (Z_L)$ 。

当电流互感器二次电流为 1 A 时, 式 (4) 变为:

$$I_1 = m K_e \quad (12)$$

式 (11) 变为:

$$m = I_1 / K_e = 10 K_z I_0 / K_e = 10 I_0 \quad (13)$$

此时, 可按式 (10)、式 (13) 得出 10 % 误差曲线。

当 $K_e = K_z$ 时 (对于穿心式、单匝式电流互感器)

$$Z_L + Z_2 = Z / 0.9 [K_z / (K_e - 0.9 K_z)] I_0 \quad (14)$$

当电流互感器二次电流为 5 A 时,

$$m = I_1 / 5 K_e = K_z I_0 / [5 (K_e - 0.9 K_z)] \quad (15)$$

当电流互感器二次电流为 1 A 时,

$$m = I_1 / K_e = K_z I_0 / (K_e - 0.9 K_z) \quad (16)$$

(式 14、式 15、式 16 推导过程从略)

综上所述, 有以下 4 种情况。

$K_e = K_z, I_{2e} = 5 \text{ A}$, 用式 (10)、式 (11);

$K_e = K_z, I_{2e} = 1 \text{ A}$, 用式 (10)、式 (13);

$K_e \neq K_z, I_{2e} = 5 \text{ A}$, 用式 (14)、式 (15);

$K_e \neq K_z, I_{2e} = 1 \text{ A}$, 用式 (14)、式 (16)。

按伏安特性曲线绘制 10 % 误差曲线的步骤如下。

a) 按图 2 (a) 接线, 作 $U = f (I_0)$ 曲线,

当 $I_{2e} = 5 \text{ A}$ 时, I_0 取值 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 7.5, 10.0, 15, 20。

当 $I_{2e} = 1 \text{ A}$ 时, I_0 取值 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0。

b) 测出电流互感器的二次线圈阻抗 Z_2 (Ω) 如下。

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$$

式中: R_2 ——可用惠斯顿电桥或凯尔文电桥测;

X_2 ——可用交流电桥测。

c) 按式 (2) 作出 $E = f (I_0)$ 曲线。

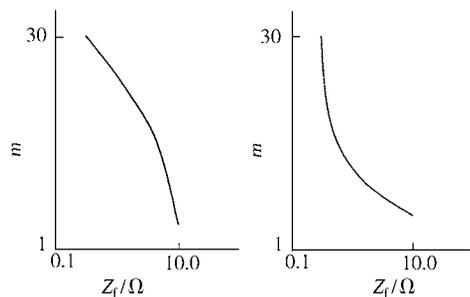
d) 在 I_0 不同取值下, 算出 $9 I_0$ 或 $0.9 \cdot [K_e / (K_e - 0.9 K_z)] I_0$ 。

e) 按式 (10) 或式 (14) 算出 $Z_L + Z_2$ 值。

f) 按式 $(Z_L + Z_2) - Z_2$ 算出 Z_L 值。

g) 按式 (11) 或式 (13) 或式 (15) 或式 (16) 算出 m 值。

h) 按同一 I_0 时的 Z_L 和 m 值作出 10 % 误差曲线。



a) 对数坐标 b) 直线坐标

图 4 不同坐标时的曲线

10 % 误差曲线可用对数坐标或直线坐标作出。但两者的曲线形状不同。一次用时数坐标。作伏安特性曲线和 10 % 误差曲线时的注意事项如下。

a) 线绕式、多匝式 C, T, 可以认为 $K_e = K_z$ 单匝式、穿心式 C, T, $K_e \neq K_z$ 。(下转第 26 页)

6 结论

500 kV 耐张四联绝缘子串带电更换工具通过设计、试验、试运行、再修改加工等工作，最终达到现场使用要求，2004 年 8 月 28 日~9 月 5 日在 500 kV 神侯 回 105 号塔进行现场试用；2004 年

12 月初再次在 500 kV 神侯 回 307 号塔进行现场试用，达到了使用要求。并且于 2005 年 1 月在山西太原通过了全国带电作业技术专家的技术评审，专家们一致认为此项目填补了国内空白，达到了国内领先水平。

Research of Charged Replacement of 500 kV Strain Fourfold Insulation String Instrument

WANG Hui-gang, ZHI Run-cang, ZHANG Guo

(EHV Power Transmission and Transformation Co., SEPC, Taiyuan, Shanxi 030006, China)

Abstract: Aiming at special structure of 500 kV strain fourfold insulation string, this article introduces the operation methods of making use of new materials and EY advanced structure from the aspects of designed theory, tool setup and reality application. At the same time, it also resolves the problem of charged for replacement of the whole string.

Key words: charged for replacement; strain; fourfold insulation string; instrument

(上接第 22 页)

- b) 试验电源应取线电压。
- c) 试验电源应用稳压器。
- d) 试验时电压表内阻要大，且接于电源测。
- e) 试验时电流表内阻要小。
- f) 测 R_2 时，因通电流铁心会被磁化，故当通流超过 10 mA 时，需退磁。退磁方法是将电流互感器一次开路，二次通入 5 A 交流，逐渐缓缓下降至零，重复进行 2~3 次。
- g) 试验电源电压波形应为正弦波。
- h) 电压表应用整流型（整流形反映平均值；电磁型反映有效值，考虑 3 次谐波影响）。
- i) 电流表应用电磁型或电动型。
- j) 仪表等级以 0.5~1.0 级为宜。

3 举例

1 台 TK ϕ -3 型电流互感器，变比为 20/5 A，线绕式 (N092317)，其伏安特性曲线已作出，如

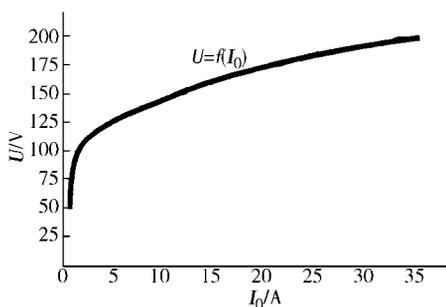


图 5 伏安特性曲线

图 5 所示。按图 5 列表 1。

表 1 TK ϕ -3 型, 20/5A 电流互感器数据表 (N092317)

I_0/A	U/V	$Z_2/$	$I_0 \cdot Z_2/V$	$\frac{E(C=U-I_0 \cdot Z_2)}{I_0}$	$9I_0/A$	$\frac{Z_1+Z_2}{I_0}$	$\frac{Z_1}{I_0}$	$m(C=2I_0)$
0.5	75	1.1	0.33	74.67	2.7	27.65	26.55	1.0
1.5	100		1.65	7.29	13.5	7.29	6.19	3.0
4.5	125		4.95	2.97	40.5	2.97	1.87	9.0
5.0	130		5.50	2.77	45.0	2.77	1.67	10.0
10.0	145		11.00	1.49	90.0	1.49	0.39	20.0
15.0	165		16.50	1.10	135.0	1.10	0	30.0

按表 1 数据绘出 10% 误差曲线如图 6 所示。

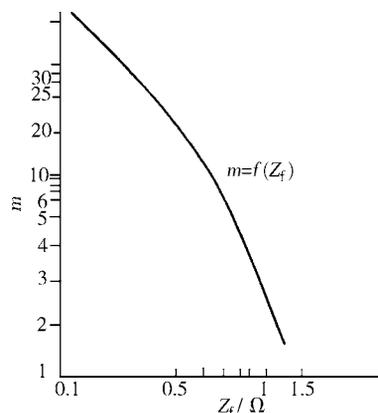


图 6 TK ϕ -3 型, 20/5 A, N092317 电流互感器 10% 误差曲线

Using V-A Character Curve to Draw up 10% Error Curve of Current Transformer

ZHAO Yu-liang, TIAN Xiao-wen

(Shanxi Transmission and Transform Company, Taiyuan, Shanxi 030006, China)

Abstract: It is difficult for operation staff to meter the 10% error curve of current transformer. It is the practice at site that V-A character is tested to check the 10% error curve with reference to its V-A character curve.

Key words: V-A character curve; draw; 10% error curve