

距电源点较近电流互感器的选择及验算

李树鑫,董悦坤

(唐山供电设计院,河北唐山 063000)

关键词: 电流互感器; 准确限值系数; 10%误差

中图分类号: TM452

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)06-0016-04

随着电力网的发展,网架结构越来越复杂,要求继电保护装置可靠而又快速地切除故障点。而影响继电保护快速灵敏动作的很重要的因素之一就是电流互感器在线路发生故障时不能饱和,也就是当线路故障时,电流互感器能满足10%误差要求。

目前,唐山地区城网改造在距电源点很近建了几座110kV变电站。按照唐山地区电网远景10年规划计算的短路电流都很大。而且设计选择时对电流互感器能否满足10%误差要求很少计算。投入运行时,继电保护人员验算10%误差时也只是按目前的短路电流计算。一旦投入运行就很少有人过问了。因此,设计时验算10%误差是非常重要的。

1 电流互感器10%误差分析

按着电流互感器的原理接线图1和电流互感器的向量图2得到电流互感器的变比误差及角度误差如下:

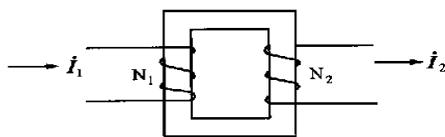


图1 电流互感器原理接线图

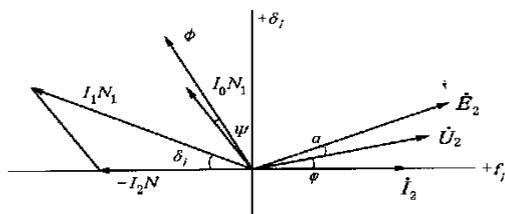


图2 电流互感器向量图

$$f_i = - \frac{I_0 N_1}{I_1 N_1} \sin(\alpha + \delta) \times 100\%$$

$$\delta = \frac{I_0 N_1}{I_1 N_1} \cos(\alpha + \delta) \times 3440$$

上述两公式表明:电流互感器的误差可用激磁

磁势 $I_0 N_1$ 来表示。 $I_0 N_1$ 为电流互感器的绝对误差, $I_0 N_1 / I_1 N_1$ 为电流互感器的相对误差。

进一步分析影响电流互感器误差的各种因素,将上述公式作如下变换。

$$\text{因为: } E_2 = 4.44 B S f N_2 = I_2^2 (Z_2 + Z_{th})$$

$$\text{在误差不大时, } I_2 = I_1 / k_N$$

$$\text{可得: } B = I_1 N_1 (Z_2 + Z_{th}) / 222 N_2^2 S$$

因此,电流互感器误差为:

$$\frac{I_0 N_1}{I_1 N_1} = \frac{(Z + Z_{th}) l}{222 N_2^2 \mu S}$$

l ——铁芯磁路平均长度;

μ ——铁芯磁导率;

S ——铁芯磁路截面积;

由公式可以看出:影响电流互感器误差的因素有电流互感器自身的因素和一次电流的大小以及电流互感器所带二次负荷的大小。而电流互感器自身的因素由生产厂家生产互感器决定,并且还提供电流互感器10%误差曲线。电流互感器的10%误差曲线是:当一次电流为 n 倍一次额定电流时,电流误差达到 -10% , $n = I_1 / I_{1N}$ 称为10%倍数。10%倍数与互感器二次允许最大负荷阻抗 Z_{th} 的关系曲线 $n = f(Z_{th})$, 便叫做电流互感器10%误差曲线。新的国标规定保护用电流互感器误差曲线为:准确限值系数和互感器二次允许最大负荷阻抗 Z_{th} 的关系曲线。准确限值系数是:互感器额定准确限值一次电流和额定一次电流的比值。所谓额定准确限值一次电流是指电流互感器能满足复合误差要求的最大一次电流。根据规定,互感器在额定准确限值一次电流时其复合误差应在 -5% (对应准确为5P级) 或 -10% (对应准确为10P级)。

2 电流互感器的额定容量

电流互感器的额定容量 S_{2e} , 系指电流互感器在二次额定电流 I_{2e} 和额定二次阻抗 Z_{2e} 下运行时,二次线圈输出的容量即: $S_{2e} = I_{2e}^2 Z_{2e}$ 。通常,电流互感

器在二次额定电流为 5A 或 1A, 于是, $S_{2e} = 25 Z_{2e}$ 或 $S_{2e} = Z_{2e}$ 。

由于电流互感器误差和二次阻抗有关, 因此, 同一台电流互感器在不同的准确级时, 额定容量不同。

3 电流互感器的选择

1) 按电流和电压选择

电流互感器安装处的工作电压 U_W 等于电流互感器所允许的最大工作电压 U_G 。 $U_W = U_G$

电流互感器安装处一次侧最大长期工作电流 I_{Wmax} 不大于电流互感器一次侧额定电流 I_{1e} 。
 $I_{Wmax} \leq I_{1e}$

2) 按准确级选择

电度表可选 0.5 级, 普通电流表可选 3 级, 保护选 P 级。

3) 按二次负荷选择

电流互感器的二次负荷为: $S_{2e} = I_{2e}^2 Z_{2e} VA$
 $S_{2e} = 25 Z_{2e} VA$ 或 $S_{2e} = Z_{2e} VA$

$$Z_2 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

r_1 —— 测量仪表电流线圈电阻;

r_2 —— 继电器电流线圈电阻;

r_3 —— 连接导线电阻;

r_4 —— 接触电阻。常取 0.5。

4) 按动稳定校验

5) 按热稳定校验

4 互感器不同形式的接线在不同短路方式下的二次负荷计算

电流互感器分别接成星形接线(图 3)和三角形接线(图 4)时的二次回路阻抗值的计算如下:

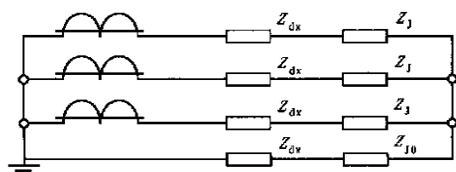


图 3 电流互感器星形接线

$$Z_{th} = K_{jX.1} Z_{dx} + K_{jX.2} Z_j$$

$K_{jX.1}$ 、 $K_{jX.2}$ 为接线系数;

Z_j 为继电器线圈阻抗;

Z_{dx} 为连接导线的阻抗。

Z_j 的计算。目前基本为微机保护, 不同生产厂

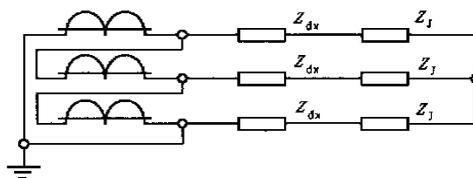


图 4 电流互感器三角形接线

家其阻抗不同, 我查阅很多微机保护的样本, 其损耗为每相不大于 1VA。

Z_{dx} 的计算。查电缆样本得知不同截面的电缆其阻抗值不同。例如 $4mm^2$ 的电缆的阻抗为: $4.61 / km$, $6mm^2$ 的电缆的阻抗为: $3.08 / km$, $2.5mm^2$ 的电缆的阻抗为: $7.41 / km$ 。

5 不同保护装置的电流互感器准确限值系数

按新标准计算电流互感器准确限值系数如下:

$$m_{js} = K_k I_{d.max} / I_e$$

K_k 可靠系数(不同的保护装置 K_k 值不同)。一般取 1.3 ~ 1.5;

$I_{d.max}$ —— 最大短路电流;

I_e —— 电流互感器二次额定电流。

6 举例说明

用唐山地区龙王庙、周官屯两座变电站进行验算, 短路电流如图 5 所示:

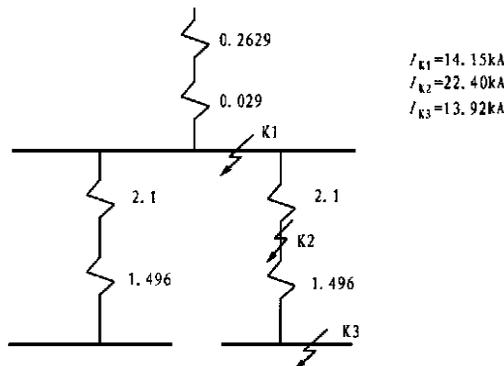


图 5 短路电流

当发生三相短路, 并且 110kV 侧选用的电流互感器变比为: $2x300/5$ 时, 计算电流互感器准确限值系数为:

$$m_{js} = K_k I_{d.max} / I_e = 1.3 \times 14150 / 2 \times 300 = 30.65$$

选用微机保护的额定负荷为:

因为微机保护的损耗每相不大于 1VA, 所以三相的损耗为:

$$P_j = 3 \times 1 = 3(\text{VA})$$

$$Z_j = P_j / I_c^2 = 3 / 25 = 0.12(\)$$

三相短路时, $Z_{fh} = Z_{dx} + Z_j = Z_{dx} + 0.12$

把电流互感器安装处到主控制室的距离按150m计算,查控制电缆产品样本得知控制电缆截面为 4mm^2 时,其阻抗值为 $4.61 / \text{km}$ 。

$$Z_{dx} = 150 \times 0.00461 = 0.6915(\)$$

$$Z_{fh} = Z_{dx} + Z_j = 0.6915 + 0.12 = 0.8115(\)$$

$$P_{fh} = I_c^2 \times Z_{fh} = 25 \times 0.8115 = 20.2875(\text{VA})$$

假如选择的是10 P20且变比为 $2 \times 300/5$ 的电流互感器,查附图2得知:在电流互感器准确限值系数为30.65时的二次负荷能力为 $P = 10(\text{VA})$ 。

因为, $P < P_{fh}$ 所以,在三相短路电流为14150(A),选用的10 P20且变比为 $2 \times 300/5$ 的电流互感器是不满足10%误差要求的。

7 解决的办法

电流互感器的10%误差曲线由互感器生产厂家提供,用户设计是无法提高电流互感器带负载的能力的。

减少二次回路的阻抗,一般的微机保护生产厂家提供功率损耗,为每相不大于1VA。因此,要想减少二次回路的阻抗只能是减小电缆的长度或增大电缆的截面。一般减小电缆的长度受场地的限制。假如将电缆的截面由 4mm^2 增加为 6mm^2 ,在其它条件不变时,验证电流互感器是否满足10%误差要求。

查控制电缆产品样本得知控制电缆截面为 6mm^2 时,其阻抗值为 $3.08 / \text{km}$ 。

$$Z_{fh} = Z_{dx} + Z_j = Z_{dx} + 0.12 = 150 \times 0.00308 + 0.12 = 0.582(\)$$

$$P_{fh} = I_c^2 \times Z_{fh} = 25 \times 0.582 = 14.55(\text{VA})$$

因为, $P < P_{fh}$ 所以,在三相短路电流为14150(A)时,选用的10 P20且变比为 $2 \times 300/5$ 的电流互感器仍不满足10%误差要求。将控制电缆截面增加为 8mm^2 时,验证计算(略)结果满足10%误差要求。但由于电缆截面增加,造成接线困难且增加投资。

改变电流互感器的变比,将变比为 $2 \times 300/5$ (A)变为 $2 \times 300/1$ (A)。

查附图1得知:电流互感器准确限值系数为30.65时的二次负荷能力为 $P = 25(\text{VA})$ 。假设选用截面为 2.5mm^2 的控制电缆,查控制电缆产品样本得

知控制电缆截面为 2.5mm^2 时,其阻抗值为 $7.41 / \text{km}$ 。在其它条件不变时,验证电流互感器是否满足10%误差要求。

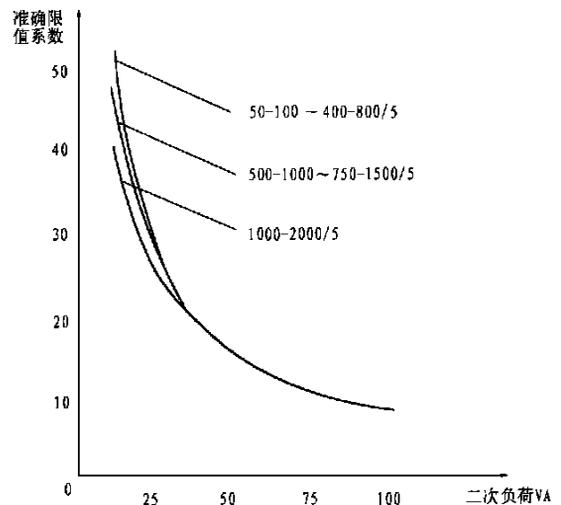
$$Z_j = P_j / I_c^2 = 3 / 1 = 3(\)$$

$$Z_{fh} = Z_{dx} + Z_j = Z_{dx} + 3 = 150 \times 0.00741 + 3 = 4.1115(\)$$

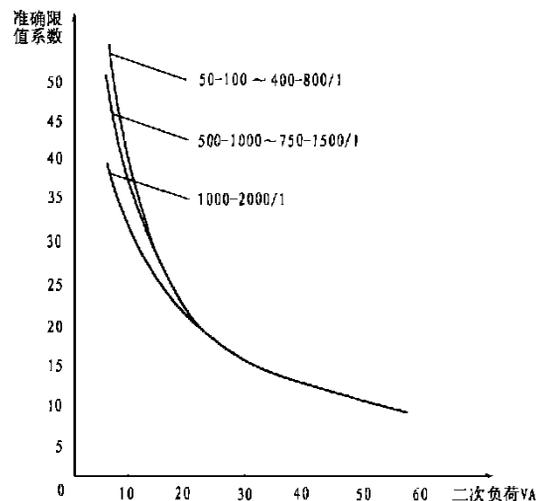
$$P_{fh} = I_c^2 \times Z_{fh} = I^2 \times 4.1115 = 4.1115(\text{VA})$$

因为, $P_{fh} > P$ 所以,在三相短路电流为14150(A)时,选用的10 P20且变比为 $2 \times 300/1\text{A}$ 的电流互感器满足10%误差要求。

通过上述比较改变电流互感器的变比比增大电缆的截面要经济合理。



附图1



附图2

8 结论

距电源点较近的110kV变电站,在电流互感器

的选择时,应选择 1A 的电流互感器,假设建一座 110kV 变电站需要的电流电缆长度为 4000m 时,4 × 4 的控制电缆单价为:8550 元/km,4 × 2.5 的控制电缆单价为:5922 元/km。可省 1.05 万元。今年唐山共建造 8 座 110kV 变电站,可以省 8.4 万元。

而且,更为重要的是长远利益能满足 10% 误差要求。

参考文献:

[1] 卓乐友. 电力工程电气设计手册. 北京:中国电力出版

社,1996. 8.

[2] 华中工学院. 发电厂电气部分. 北京:电力工业出版社,1982,12.

[3] 丁毓山. 变电所设计. 辽宁科学技术出版社,1993,10.

收稿日期: 2000-11-02

作者简介: 李树鑫(1965 -),男,本科,变电设计工程师,从事变电工程设计工作; 董悦坤(1969 -),女,本科,变电设计工程师,从事变电工程设计工作。

Selection and checking computations on CT near the power source

LI Shu-xin, DONG Yue-kun

(Tangshan Power Supply Design Institute, Tangshan 063000, China)

Keywords: CT; accurate limitation ratio; 10% error

(上接第 15 页)

[3] 于占勋. 电力系统非线性变结构控制. 哈尔滨工业大学博士论文. 1996.

[4] 刘瑞叶. 汽轮发电机组模糊变结构控制的研究. 哈尔滨工业大学博士论文. 1999.

[5] 马勇, 计晓鸣, 李辉. 给予模糊逻辑系统的变结构控制.

电气自动化, 2000, (1): 4 ~ 6.

收稿日期: 2000-12-14; 改回日期: 2001-01-05

作者简介: 刘瑞叶(1963 -),女,副教授,从事电力系统稳定分析与控制的研究; 刘宝柱(1974 -),男,硕士研究生,从事电力系统稳定分析与控制的研究。

The impact of fuzzy variable structure control of SVC on the power system stability

LIU Rui-ye, LIU Bao-zhu

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: A fuzzy variable structure controller (FVSC) of SVC is designed on the base of the combination of the nonlinear variable structure control theory and fuzzy control theory. An auxiliary control signal derived from fuzzy control theory is introduced to improve the damping characteristic of the system oscillations and improve the voltage characteristic by combining with AVR. Transient simulations of one machine infinite bus system are performed to highlight the effectiveness of the FVSC controller of SVC compared with variable structure controller and conventional controller.

Keywords: static var compensation (SVC); fuzzy variable structure control; power system stability