

校核电流互感器动稳定和短时热电流的方法

李世平, 蒋平

(四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘要:分析了电网短路电流的特点, 结合 10 kV 配网特点, 介绍了根据电网短路容量校核及选择电流互感器额定动稳定电流和短时热稳定电流的方法。

关键词:电流互感器; 动稳定电流; 热稳定电流

Abstract: The characteristics of short-circuit current of power grid are analyzed. According to the characteristics of 10 kV distribution network, the method to calibrate and select the rated dynamic stability current and the short-time heat stability current is introduced based on the short-circuit capability of power grid.

Key words: current transformer; dynamic stability current; heat stability current

中图分类号: TM644 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-6954(2009)02-0075-03

随着电力系统规模扩大, 系统短路容量快速增加。以 10 kV 系统为例, 短路容量从以前的几千安增大到了几十千安。电网使用电流互感器的额定动稳定电流和额定短时热稳定电流是按照当时电力系统短路容量设计的。电网短路容量增大导致电流互感器实际承受的故障电流超过互感器承受能力, 从而带来安全隐患, 致使经常发生电流互感器爆炸事故, 造成不必要的损失。介绍了电流互感器动稳定和短时热稳定电流校核的一般方法, 可供使用者借鉴。

1 电流互感器动、热稳定性及评价方法

为保证电流互感器完成其职能, 除必须具有良好的精度及绝缘特性外, 电流互感器还需具有一定的耐受短路电动力冲击的能力以及耐受短时热冲击的能力, 分别用电流互感器的额定动稳定电流 I_{dyn} 和额定短时热电流 I_h 衡量。额定短时热电流 (I_h) 是在二次绕组短路情况下, 电流互感器在 1 s (或厂家规定的其他时间 T) 内无损伤地可承受的最大一次电流方均根值, 与互感器导体电阻、材料比热系数及耐热能力等因素有关。额定动稳定电流 (I_{dyn}) 是在二次绕组短路的情况下, 电流互感器能承受其电磁力的作用而无电气或机械损伤的最大一次电流峰值。

在电流互感器型式试验中, 需验证电流互感器的动稳定电流和短时热稳定电流是否达到铭牌值。做短时热稳定电流试验时, 互感器的初始温度应在 10 ~ 40 °C 之间, 试验在二次绕组短路条件下进行, 所加

试验电流 I 和持续时间 t 应满足 $(I^2 t)$ 不小于 $I_h^2 T$ 且 t 在 0.5 ~ 5 s 之间。

动稳定试验应在二次绕组短路条件下进行。所加一次电流至少有一个峰值不小于额定动稳定电流 (I_{dyn})。动稳定电流通常为短时热电流的 2.55 倍。

动稳定试验可以与上述热试验合并进行, 只需试验中电流第一个主峰值不小于额定动稳定电流 (I_{dyn})。

2 电流互感器动、热稳定性校核方法

即使在设计中做了仔细的考虑, 当电网扩大后, 电流互感器仍然可能出现实际故障电流超过互感器动稳定承受能力或热稳定承受能力的情况。为防止因实际故障电流超过设备承受能力而使电流互感器遭到电动力破坏或热损坏, 需及时更换超限运行的电流互感器。

在电力系统中, 一般三相短路电流数值最大, 产生的电动力和发热也最严重。在确定实际故障电流是否超出电流互感器动稳定电流和短时热电流限制时, 可以根据三相短路电流来校核。

设三相短路发生在 $u(t) = 0$ 时刻:

$$i(t) = \sqrt{2} \bar{I} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) + \sqrt{2} \bar{I} e^{-\delta t} \quad (1)$$

$$\bar{I} = \frac{U_m}{Z} \quad (2)$$

式中, i —— 短路全电流瞬时值;

U_m —— 系统母线电压有效值。对于不同电压等

级,可取 10.5、37、115、230、525 kV;

I'' ——由次暂态参数确定的短路电流周期分量有效值;

Z ——系统侧等值阻抗。

上式右边第一部分为正弦电流,是短路电流的周期分量。第二部分是一个按指数衰减的直流分量,又叫非周期分量或自由分量, $i_k(t)$ 可以表达为:

$$i_k(t) = i_p(t) + i_{np}(t)$$

短路后半周期时刻 ($t=0.01$ s), 短路电流瞬时值达到最大值,这一瞬时电流称为短路冲击电流,用 i_{sh} 表示。

$$i_{sh} = i_k(0.01) = i_p(0.01) + i_{np}(0.01) \approx \sqrt{2} I'' (1 + e^{-\frac{0.01}{\tau}}) = k_{sh} \sqrt{2} I''$$

对高压电网,一般取 $\tau=0.05$ s 得到:

$$i_{sh} = 2.55 \times I'' \quad (3)$$

式中, k_{sh} ——短路电流冲击系数。

进行互感器大电流稳定性校核时需要知道母线短路容量 S 。根据 S 可以利用式 (4) 计算短路电流。

$$I_k = \frac{S}{\sqrt{3} U_m} \quad (4)$$

一般情况下,电网分析部门给出的短路容量是由电网次暂态参数获得,故由短路容量 S 求出的短路电流可直接用于电流互感器动稳定能力校核。当校核对象距离电厂很近时,利用短路容量 S 求得的短路电流校核互感器热稳定能力将显得偏于严格;当校核对象远离电厂时,校核结果将更接近真实。所以,在利用短路容量 S 校核互感器热稳定能力前,需对次暂态过程持续时间做出判断。

在大电网的配网电压等级,发电机次暂态过程及超高压输电系统暂态过程对配网过渡过程影响很小,利用 S 计算短路电流并作为校核电流互感器动稳定和热稳定的依据是可行的。

在进行配网电流互感器校核时可按下面步骤进行:

1) 利用式 (5) 计算互感器安装点稳态短路电流 I_k , 检查短路电流暂态分量最大值 ($2.55 \times I_k$) 是否小于电流互感器额定动稳定电流 I_{dyn} 。

$$2.55 \times \frac{S}{\sqrt{3} U_m} \leq I_{dyn} \quad (5)$$

2) 根据后备保护切除故障时间并留有一定时间裕度,检查流过电流互感器的稳态短路电流及其时间是否超过互感器短时热稳定电流。10 kV 出线的后

备保护为主变压器的过流保护,动作时间一般为 1~2 s 根据现场情况实际整定情况确定。

根据后备保护确定的断路器切除故障时间 + 裕度时间,确定热稳定考核时间 T_1 。当电流互感器额定热稳定电流为 I_{th} 、对应时间为 T 时,可按式 (6) 校核电流互感器热稳定电流。

$$I_k = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_m} \leq \frac{I_{th} T}{T_1} \quad (6)$$

以上两式中:

I_{dyn} 为电流互感器额定动稳定电流;

I_{th} 为电流互感器额定短时热稳定电流;

T 为与电流互感器额定短时热稳定电流对应的持续时间;

T_1 为由后备保护确定的断路器切除故障时间 + 裕度时间。当故障切除时间 + 重合后切除时间 + 裕度时间大于前者时,取大者。

3 电流互感器动、热稳定电流的选择

当被校核电流互感器的动稳定电流和热稳定电流不满足要求时,需进行更换。选择电流互感器时,应保证其额定动稳定电流 I_{dyn} 满足式 (7) 约束。

$$I_{dyn} \geq 2.55 \times \frac{S}{\sqrt{3} \times U_m} \quad (7)$$

电流互感器的额定短时热电流应满足式 (8) 约束。

$$I_{th} T \geq \frac{S}{\sqrt{3} \times U_m} \times T_1 \quad (8)$$

在电力系统中,电流互感器安装地点不同,流过的短路电流不同。10 kV 线路一般均为单电源,短路电流情况最为简单,便于分析说明选择原则。以下就以 10 kV 出线电流互感器为例,分析说明电流互感器的动稳定电流和短时热稳定电流的选择方法,其分析方法也同样适用于其他安装地点的电流互感器的选择。

对于 10 kV 出线,应按出线端三相短路选择电流互感器。短路电流持续时间越长,电流互感器发热越严重。在计算短路电流持续时间时,应考虑断路器可能发生拒动并由后备保护动作切断短路电流的情况。另外,当断路器重合闸时,由于断路器两次动作时间间隔很短,电流互感器的热量来不及散发,温度不会发生明显变化,应将两次短路电流持续时间相加作为短路电流持续时间并考虑必要裕度时间作为热稳定

表 1 某站 10 kV 电流互感器动热稳定校核

出线名称	铭牌参数				是否超过铭牌 动、热稳定值
	TA 型号	热稳定电流 (kA · s ⁻¹)	I _{th} ² × T	动稳定电流 (kA)	
出线 1	LFC-10	7.5/1	56	16	是
出线 2	LFC-10	7.5/1	56	16	是
出线 3	LFC-10	30/1	900	66	否
出线 4	LFC-10	15/1	225	33	是
出线 5	LFC-10	12/1	144	—	是
出线 6	LFC-10	30/1	900	66	否
出线 7	LFC-10	15/1	225	33	是

考核时间。一般情况下,后备保护动作时间比重合闸叠加时间更长,因此,一般情况下可以该断路器的后备保护切除故障时间 + 裕度时间作为 T₁。

利用前述方法,对某 110 kV 变电站 10 kV 出线电流互感器动稳定和热稳定做了校核,结果见表 1。步骤如下:

(1) 该变电站 10 kV 母线短路容量为 301 MVA,三相短路电流 $I_k = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_m} = \frac{301}{\sqrt{3} \times 10.5} = 16.6$ (kA), 据此,得电流互感器动稳定电流应大于 42.3 kA。

(2) 根据站内 10 kV 保护配置,确定电流互感器的热稳定能力须满足 $I_{th}^2 \times T \geq 410$ 。

根据校核结果,除线路 3 和线路 6 外其余线路电流互感器动稳定能力和热稳定能力均不满足运行要求。根据校核结果,现已将存在安全隐患的电流互感器全部更换。

对 20 世纪 90 年代投入运行的 4 座 110 kV 变电站的 10 kV 出线电流互感器进行校核,4 座变电站出线共计 58 回,不满足要求的电流互感器组数为 32 组,不合格率为 55%。根据校核结果统计发现,电流互感器变比越大,动、热稳定电流值越大,一般总路的互感器都能满足要求,专线计量互感器一般变比较小,不满足要求的较多,实际运行中,这些专线用电流互感器时常会由于线路短路发生爆炸,并造成断路器损坏,带来不少的直接经济损失。

对动热稳定电流不满足当地短路电流要求的电流互感器,在更换之前,可采取停用重合闸、10 kV 分

段运行等临时措施,降低线路短路电流持续时间或短路电流值,避免互感器爆炸带来损失,并尽快安排更换工作。

目前,电流互感器厂家都能生产多变比的互感器,并且测量精度都能达到 0.2 S 级,价格与单变比的相差不大,应多采用多变比的互感器。在选择电流互感器时,尽量选用一次电流值大的互感器,提高设备的动、热稳定电流值,由于互感器有多个变比,可以用不同的变比来满足实际测量的需要,既解决电力系统短路电流越来越大的电网问题,也满足了高精度计量的要求。

4 结 论

近年来,特别是 2000 年后,电网容量增加较快,电网短路电流越来越大,一些投入运行时间较长的电流互感器的动、热稳定电流多数不满足安装点的要求,对运行中的互感器动、热稳定电流进行校核非常必要。通过分析,在校核电流互感器动、热稳定电流时,电流值比较容易计算确定,校核的关键在于结合实际情况,认真分析流过互感器的短路电流持续时间,确定热稳定短路电流时间。重点分析了如何校核 10 kV 互感器动、热稳定电流值,其方法同样适合其他电压等级的互感器校核。

作者简介:

李世平 (1963—),男,高级工程师,从事高电压技术工作。

(收稿日期: 2009-02-10)

(上接第 68 页)

安全自动装置整定计算 [M]. 中国电力出版社, 2000.

[3] GB/T 14285-2006. 继电保护和自动装置技术规程 [S].

作者简介:

宋汉蓉,女 (1962—),四川德阳人,本科,从事过电网调度运行与继电保护整定计算工作。

程 钢,男 (1975—),四川德阳人,本科,从事过电网调度运行与继电保护整定计算工作。

尹 秦,男 (1963—),四川工程职业技术学院。

(收稿日期: 2008-12-03)