

浅谈低压变压器零序电流保护的整定

段生荣 浙江象山县发电厂 (315731)

容量在 400kVA 以上的动力和照明共用的电压为 380/220V 的低压配电变压器, 根据《电力变压器》保护规程规定, (除 Y/ Y₀ 接线的变压器在高压侧采用两相三继电器接线的过

电流保护的灵敏度 $K_{L.m} = \frac{2}{3} \frac{I_{D.min}}{I_{dz}}$ (1.5 外)

一般都应在低压侧中性线上装设专用的零序电流保护, 其保护装置的动作是根据下列条件整定的

1 保护动作电流的整定计算

1.1 躲过正常运行时变压器低压侧中性线上流过的最大不平衡电流 $I_{dz.0}$, 一般不应超过变压器低压侧绕组额定电流的 25%, 即

$$I_{dz.0} = K_K (0.25 I_E) \quad (1)$$

式中 K_K ——可靠系数, 取为 1.2;

I_E ——变压器低压侧的额定电流。

1.2 与相邻元件保护的動作电流相配合

(1) 当配电变压器有分支线时, 与分支线上的零序电流保护相配合, 即

$$I_{dz.0} = K_{ph} I_{dz.fz} \quad (2)$$

式中 K_{ph} ——配合系数, 取为 1.1;

$I_{dz.fz}$ ——分支线上零序电流保护的動作电流。

(2) 当低压配电变压器无分支线时, 与容量最大的不装设专用接地保护的电动机的起動作电流配合整定或与熔断器配合整定(主要是在时限上配合), 即

$$I_{dz.0} = K_K K_{ph} K_{gd} I_E \quad (3)$$

式中 K_K ——可靠系数, 取为 1.2;

K_{ph} ——配合系数, 取为 1.1;

K_{gd} ——电动机起動作电流倍数;

I_E ——最大电动机的额定电流。(或容量最大的熔断器之 10 倍动作电流的熔断电流) 根据上述计算结果选取大者为動作电流值。

2 灵敏度的校验

灵敏度按下式计算为

$$I_{L.m} = \frac{I_{D.min}^{(1)}}{I_{dz.0}} \quad 2 \quad (4)$$

式中 $I_{D.min}^{(1)}$ ——最小运行方式下, 配电变压器低压侧母线上发生单相接地短路时, 流经变压器中性线上电流互感器的电流值。

3 動作时限整定

保护装置的動作时限应与下一级保护相配合, 当有分支线时, 低压配电变压器的零序电流保护的動作时限应较分支线上保护的動作时限大一个时限级差, 当没有分支线时, 低压配电变压器应比下一级电动机的相间保护動作时限大一个时限差级和比容量最大的熔断器的 10 倍動作电流的熔断时间大一个时限差级。

配电设计手册和继电保护有关资料是这样论述的, 在大部分场合也是适用的, 但是在有些场合我们认为还是要值得商榷。下面分析一下在有些场合可能会出现的情况。

3.1 因为在大部分场合, 低压配电变压器零序电流保护的動作电流一般都为 (2) 式或 (3) 式的计算值要大于 (1) 式的计算值, 人们往往忽视了 (1) 式的实用性。当未装设专用接地保护的电动机和低压出线的容量都比较小, 即

$$1.2 \times 1.1 K_{gd} I_{ED} < 1.2 \times (0.25 \times I_{EB})$$

式中 K_{gd} ——未装设专用接地保护的容量最大的电动机的起動作电流倍数;

I_{ED} ——未装设专用接地保护的容量最大的电动机的额定电流;

I_{EB} —— 配电变压器的额定电流。

例如, 某厂配电变压器额定容量为 1000kVA; $u_d \% = 8$; Y/ Y_0 接线方式, 变压器出口单相短路电流 $I_d^{(1)} = 6.15\text{kA}$, 未装设专用接地保护的容量最大的电动机和低压出线的容量都比较小, 即

$$1.2 \times 1.1 K_{gd} I_{ED} < 1.2 \times 0.25 \times \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0.4}$$

需要自起动的电动机容量为 400kW; 那么其需要自起动的全部电动机在自启动时所引起的过电流倍数为,

$$K_{zg} = \frac{1}{\frac{u_d \%}{100} + \frac{S_E}{K_{gd} \times S_{dz}} \times \left(\frac{380}{400}\right)^2} = \frac{1}{0.08 + \frac{1000}{5 \times 400 / 0.8} \times \left(\frac{380}{400}\right)^2} = 2.27$$

$$I_{dz} = K_K K_{zg} I_E = 1.2 \times 2.27 \times \frac{1000}{\sqrt{3} \times 6.3}$$

=

$$249.6\text{A}$$

$$K_{Lm} = \frac{\frac{2}{3} I_{D.min}^{(1)}}{I_{dz}} = \frac{\frac{2}{3} \times 6150 \times \frac{0.4}{6.3}}{249.6}$$

$$1.0 < 1.5$$

那么该配电变压器利用过电流保护兼作接地保护是不能满足要求的, 应在低压侧中性线上装设专用的零序电流保护, 当该配电变压器低压侧接有 350kVA ($\frac{350}{\sqrt{3} \times 0.4} = 505.2\text{A}$) 的单相(或两相)负载, 但每一路出线的容量却很小时, 那么该配电变压器零序电流保护的动作电流是以(1)式计算值为最大; 其单相负荷在设计和安装时虽然尽量分布平衡, 但在实际运行中是不一定同时使用的, 是绝对不可能平衡的, 在短时期内(几十秒或几分钟甚至几十分钟)可能还会出现最大的不平衡电流; 即, 其中二相满负荷运行, 另外一相负荷近似为零或其中一相满负荷运行, 另外 2 相负荷近似为零。那么通过该配电变压器中性线上电流互感器的电流值为, $I_0 = I_x + I_x e^{j\frac{2}{3}} = 505.2 + 505.2 e^{j\frac{2}{3}} =$

$$505.2 e^{j\frac{6}{6}}\text{A} \text{ 或 } I_0 = I_x = 505.2\text{A}$$

$$I_0 > I_{dz.0}$$

该配电变压器的零序电流保护是要动作的, 但对变压器本身来说, 各相电流均未超过允许值, 并不是故障现象, 在短时期内(几十分钟或几小时甚至几十小时)是允许其继续运行的, 而且也是需要其继续运行的。再根据灵敏度校验式(4)分析, 任何电力变压器当发生单相接地短路时, 其单相接地短路电流不但是 $\frac{I_{D.min}^{(1)}}{2} \gg$

$1.2(0.25 I_E)$, 而且还是 $\frac{I_{D.min}^{(1)}}{2} > I_E$; 例如, $S_E =$

630kVA, $u_d \% = 7.0$ 的 6 ~ 15kV 的电力变压器低压侧出口单相接地短路电流 $I_d^{(1)} = 5.16\text{kA}$; 那

$$\text{么, } \frac{5160}{2} = 2580 \quad 2.8 \times \frac{630}{\sqrt{3} \times 0.4};$$

$$S_E = 800\text{kVA}, u_d \% = 8.0, I_d^{(1)} = 6.56\text{kA};$$

$$\frac{6560}{2} = 3280 \quad 2.8 \frac{800}{\sqrt{3} \times 0.4};$$

$$S_E = 1000\text{kVA}, u_d \% = 8.0; I_d^{(1)} = 6.15\text{kA};$$

$$\frac{6150}{2} = 3075 \quad 2.1 \times \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0.4};$$

等等。

3.2 当容量最大的不装设专用接地保护的电动机采用差动保护为相间(兼接地)短路保护时, 变压器的零序电流保护若采用(3)式计算值为动作电流是可以取得选择性的, 但低压电动机一般是采用电流速断保护或熔断器作为相间(兼接地)短路保护的, 而电流速断保护是按下列方式整定的, 即

$$I_{dz} = K_K K_{jn} I_{gd}$$

式中 K_K —— 可靠系数, 对于 DL 型电流继电器取为 1.4 ~ 1.6, 对于 GL 型电流继电器取为 1.8 ~ 2;

K_{jn} —— 电流互感器接线系数, 当采用不完全星形接线时, $K_{jn} = 1$;

I_{gd} —— 电动机的起动电流。

那么当电动机在内部、速断保护区外发生单相接地短路, 短路电流小于 $(1.4 \sim 1.6) I_{gd}$ 而大于 $1.1 \times 1.2 \times I_{gd}$ 时, 电动机的速断保护不会动

作而变压器的零序电流保护却要动作而引起变压器越级跳闸。虽然变压器零序电流保护的动作时限是较电动机相间(兼接地)短路保护的时限大一个时限差级,也无法取得选择性。同样当电动机采用熔断器为相间(兼接地)短路保护时,当电动机在内部发生单相接地短路时,其短路电流也是有可能小于10倍熔断器的额定电流。例如,某一电动机, Y接线方式, 额定电流 $I_E = 114\text{A}$, 起动电流倍数 $K_g = 6$, 采用 RTO—200A 的熔断器作为相间(兼接地)短路保护。RTO—200A 的熔断器10倍动作电流的熔断时间为0.4s, 那么变压器零序电流保护的動作電流根据(3)式为, $I_{dz.0} = 1.1 \times 1.2 \times 6 \times 114 = 902.88\text{A}$; 动作时限为, $t = t_1 + t = 0.4 + (0.5 \sim 0.6)\text{s}$ 。但当该电动机在内部接近中性点部份发生单相接地短路, 短路电流 I_d 大于902.88A而等于1000A时, RTO—200A 的熔断器熔断时间为 $3.8\text{s} > (0.9 \sim 1)\text{s}$, 那么变压器的零序电流保护会先于熔断器熔断动作而失去选择性。

我们认为低压配电变压器在中性线上装设零序电流保护, 根据下列方式整定比较妥善, 供参考;

1) 保护动作电流的整定计算

(1) 射过正常运行时变压器低压侧中性线上流过的最大不平衡电流, 即

$$I_{dz.0} = K_K K_b I_E$$

式中 K_K ——可靠系数, 取为1.2;

K_b ——不平衡系数, 为变压器低压侧接有的单相(或两相)负载的最大相额定电流 I_{Ex} 与变压器低压侧额定电流 I_E 的比值, $K_b = I_{Ex}/I_E$; 但当 $\frac{I_{Ex}}{I_E} < 0.25$ 时, 取 $K_b = 0.25$;

I_E ——变压器低压侧的额定电流。

(2) 与相邻元件保护的動作電流相配合, 按下式计算为

$$I_{dz.0} = K_{ph} I_{dz.01}$$

式中 K_{ph} ——配合系数, 取为1.1;

$I_{dz.01}$ ——下一级保护的動作電流, 为分

支线上的零序电流保护的動作電流或容量最大的低压电动机的零序电流保护的動作電流或容量最大的不装设专用接地保护的相间(兼接地)短路保护的動作電流, 取其中最大值。

(3) 先初步选定变压器零序电流保护的最大动作时限 t_{max} , 一般可取1.2s, 查下一级容量最大的采用熔断器作为相间(兼接地)短路保护的熔断器(1.2— t)s的熔断电流 $I_{dz.r}$; 即

$$I_{dz.0} = I_{dz.r}$$

根据上述计算结果取大者为動作電流值。

2) 灵敏度的校验

灵敏度按下式计算为

$$K_{Lm} = \frac{I_{D,\min}^{(1)}}{I_{dz.0}} \quad 2$$

3) 动作时限整定

保护装置的動作電流与下一级保护相配合, 即

$$t_0 = t_1 + t$$

式中 t_1 ——下一级保护的動作電流, 为低压电动机的零序电流保护或相间(兼接地)保护的動作電流或分支线上的零序电流保护的動作電流或下级容量最大的采用熔断器作为相间(兼接地)短路保护的熔断器在 $I_{dz.0}$ 时的熔断时间; 取其中最大值。

t ——时限差级, 一般可取0.5~0.6s。

对于低压变压器在低压侧中性线上装设零序电流保护, 根据上述方法整定一般是可以满足要求的。

参考文献

- 1 工厂配电设计手册. 水利电力出版社. 1984. 12
- 2 梁世康、许光一. 厂用电系统保护. 水利出版社. 1986. 10

段生荣, 男, 41岁, 现从事发电厂继保运行工作。

DISCUSSION ON SETTINGS OF ZERO - SEQUENCE CURRENT

PROTECTION OF POWER TRANSFORMER

Duan Shengrong (Xiangshan Power Plant, Zhejiang, 315731)